

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050503 - Машинобудування

на тему:

Термопластавтомат з модернізацією сопла

Виконав студент 4 курсу, групи ЛП-51(1)  
(шифр групи)

Рогожинський Юрій Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник асистент, к.т.н., Лелека С.В.  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти з розділів:

ОХОРОНА ПРАЦІ  
МОДЕРНІЗАЦІЯ  
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ  
РЕЦЕНЗЕНТ \_\_\_\_\_

доцент, к.т.н. Ковтун І.М.  
професор, д.т.н., Щербина В.Ю.  
ст. вик. Борщик С.О.

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ 2019 рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра \_\_\_\_\_ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність \_\_6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р

### **ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Рогожинському Юрію Володимировичу

(П.І.Б.)

1. Тема проекту Термопластавтомат з модернізацією сопла

керівник проекту асистент, к.т.н. Лелека Сергій Володимирович

затверджена наказом по університету від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_  
Термопластавтомат з модернізацією сопла, матеріал – полістирол, діаметр черв'яка  $D = 45$  мм,  
відношення довжини червяка до його довжини  $L/D = 20$ , об'єм вприску  $V = 250$  см<sup>3</sup>

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Пояснювальна записка, розділ розрахунків, технологія машинобудування

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Термопластавтомат з модернізацією сопла;

механізм інжекції;

сопло модернізоване;

розрахунок на міцність сопла в системі ANSYS (плакат)

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Ковтун І.М., доцент		
Модернізація	Щербина В.Ю., професор		
Тех. маш.	Борщик С.О., ст. вик.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання теми і узгодження завдань з керівником ДП.	11.04.2019	
2	Літературно-патентний пошук. Оформлення пояснювальної записки	24.04.2019	
3	Виконання розрахунків	14.05.2019	
4	Підготовка розділу «Технологія машинобудування»	21.05.2019	
5	Виконання креслень та плакату	05.06.2019	
6	Оформлення дипломного проекту	12.06.2019	
7	Перевірка дипломного проекту	13.06.2019-14.06.2019	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

## ЗМІСТ

	Обсяг, ст.
Реферат (українська мова).....	1
Реферат (іноземна мова).....	1
Реферат (російська мова).....	1
Перелік умовних позначень .....	1
Пояснювальна записка.....	22
Розділ «Розрахунки» .....	21
Розділ «Технологія машинобудування» .....	23
Додаток А. Таблиця розгянутих патентів.....	3
Додаток Б. Теза .....	1
Додаток В. Специфікації .....	4

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Рогожинський</i>			<i>Термопластавтомат з модернізацією сопла</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лелека С.В.</i>					<i>1</i>
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського</i>	
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Гондляр О.В.</i>					

## РЕФЕРАТ

"Термопласт автомат з модернізацією сопла". Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямком підготовки 6.050503 «Машинобудування». Керівник: Лелека С.В., Виконавець: Рогожинський Ю.В.

Дипломний проект бакалавра включає текстову і графічну частини. Текстова частина має загальний обсяг – 78 с., 21 рис. Графічна частина містить 5 листів формату А1.

Дипломний проект присвячений модернізації сопла термопластавтомата, яка полягає в встановленні системи автоматичного перекривання випускного каналу при відведенні сопла від форми. Ця система запобігає довільному витіканню матеріалу з сопла. Це в свою чергу зменшить витрати матеріалу.

У роботі виконані необхідні параметричні та міцнісні розрахунки термопластавтомата, які показали, що модернізована машина є працездатною.

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, СОПЛО, ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ,  
ІНЖЕКЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ, ЧЕРВ'ЯК, РОЗРАХУНКИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

## РЕФЕРАТ

"Термопластавтомат с модернизацией сопла". Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» по направлению подготовки 6.050503 «Машиностроение». Руководитель: Лелека С.В., Исполнитель: Рогожинский Ю.В.

Дипломный проект бакалавра включает текстовую и графическую части. Текстовая часть имеет общий объем - 78 с., 21рис. Графическая часть содержит 5 листов формата А1.

Дипломный проект посвящен модернизации сопла термопластавтомата, которая заключается в установлении системы автоматического перекрывания выпускного канала при отводе сопла от формы. Эта система предотвращает произвольном истечению материала из сопла. Это в свою очередь уменьшит расход материала.

В работе выполнены необходимые параметрические и прочностные расчеты термопластавтомата, которые показали, что модернизированная машина является работоспособной.

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, СОПЛО, ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, ИНЖЕКЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ, ЧЕРВЯК, РАСЧЕТЫ, МОДЕРНИЗАЦИЯ.

## **ABSTRACT**

"Thermoplastic machine with modernization of the nozzle". Diploma project of educational qualification level "Bachelor" in the direction of preparation 6.050503 "Mechanical engineering". Leader: Leleka S.V., Performer: Rogozhinskij Y.V.

The bachelor diploma project includes text and graphic parts. The text part has a total volume of 78 pp., 21 rice,. The graphic part contains 5 sheets of A1 format.

The diploma project is devoted to the modernization of the thermoplastic nozzle nozzle, which consists in installing an automatic overflow system for the discharge channel when the nozzle is removed from the mold. This system prevents any material leakage from the nozzle. This in turn will reduce the cost of the material.

The necessary parameters and strength calculations of thermoplastic tent were performed in the work, which showed that the modernized machine is operational.

**THERMOPLASTING MACHINE, NOZZLE, CASTING UNDER PRESSURE, INJECTION MECHANISM, SCREW, CALCULATIONS, MODERNIZATION.**

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНИХ ТЕРМІНІВ

Скорочені терміни:

ТПА – термопластавтомат.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ПС – полістирол.

Умовні позначення:

$D, d$  – діаметри, м;

$L, l$  – довжини, м;

$v$  – швидкість, м/с;

$V$  – об'єм, м<sup>3</sup>;

$F$  – площа, м<sup>2</sup>;

$N$  – потужність, Вт;

$n$  – частота обертання, с<sup>-1</sup>;

$\Pi$  – продуктивність, кг/год;

$T$  – температура, К;

$t$  – час, с;

$P$  – тиск, Па;

$\mu$  – в'язкість, Па·с;

$Q$  – кількість теплоти, Дж;

$\alpha_K$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище,  
Вт/м<sup>2</sup>·град;

$Nu$  – критерій Нуссельта;

$Re$  – критерій Рейнольдса;

$Gr$  – критерій Гросгофа.



# **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

## ЗМІСТ

Вступ.....	2
1. Призначення та галузь застосування термопластавтомата.....	4
2. Технічна характеристика термопластавтомата .....	6
3 Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії .....	7
4. Перспективні технічні рішення з удосконалення термопластавтомата .....	10
5. Охорона праці та навколишнього середовища .....	15
5.1. Повітря робочої зони .....	15
5.2. Електробезпека .....	16
5.3. Пожежна безпека.....	17
5.4. Виробничий шум.....	19
5.5. Промислове освітлення .....	19
5.6. Небезпека впливу частин машини, що рухаються й обертаються.....	20
Висновки .....	21
Література .....	22

					ЛП51.137246.01-70ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					
Розроб.		Рогожинський			Термопластавтомат з  модернізацією сопла		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лелека С.В.						1	
Керівник							КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.									
Затверд.		Гондляр О.В.							

## ВСТУП

На сьогоднішній день полімери стали невід'ємною частиною повсякденного життя кожної людини. Практичність, доступність, низька ціна полімерних виробів завоювали світовий ринок.

Розвитку ринку пластикових виробів сприяє збільшення населенням України витрат на покупку предметів побуту. Так, за даними Держстату, якщо в 2016 році на ці цілі одне домогосподарство виділяло в середньому 1142 грн, то в 2017-му - вже 1713 грн.

Пожвавлення бізнес-активності в країні також позитивно вплинуло на даний ринок, особливо в сегменті пластикових меблів. Її вимагається тим більше, чим більше магазинів і офісів необхідно обладнати або переобладнати. [1].

**Сегментація ринку посуду та предметів домашнього вжитку за матеріалом, в натуральному вираженні**



При виробництві виробів з пластмас задіяне різноманітне обладнання, серед якого важливу нішу займають термопластавтомати (ТПА) різноманітних конструкцій. Враховуючи великі об'єми виробництва та високу сумарну вартість ринку пластикових виробів є очевидним, що модернізація термопластавтоматів з метою їх покращення є надзвичайно актуальною задачею, якій і присвячена ця робота.

При виконанні проекту були використані знання з наступних дисциплін: інженерна та комп'ютерна графіка; технологічні основи машинобудування;

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

метрологія та стандартизація; процеси, апарати та машини галузі; охорона праці та цивільний захист; технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів; сучасні методи розрахунку процесів та апаратів.

В результаті виконання дипломної роботи подана теза на науково-технічну конференцію кафедри ХПСМ.

					<i>ЛП51.137246.01-70ПЗ</i>	Арк.
						3
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Технологічна лінія виробництва виробів з пластмас методом лиття під тиском, яка використовується на більшості великих підприємствах приведена на рис. 1.1 [2].

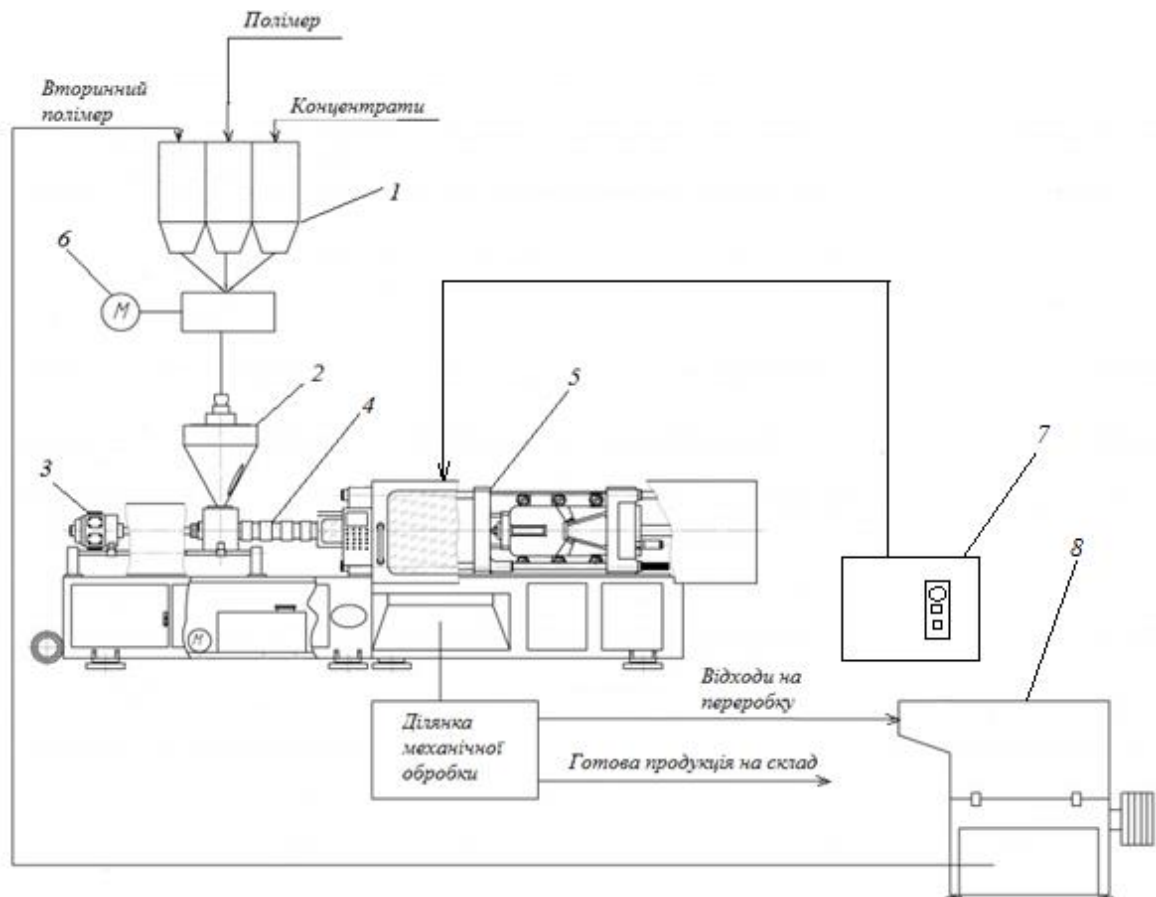


Рисунок 1.1 – Технологічна лінія для виробництва виробів з пластмас

Технологічна лінія складається з наступних складових частин: змішувача 1, електродвигуна для змішування 6, бункера 2, черв'ячного преса 4, робота якого здійснюється за допомогою електродвигуна 3 та пресформи 5. Послідовність операцій: матеріал разом з концентратами перемішується і потрапляє в бункер. Гранульований матеріал з бункера через завантажувальну воронку подається в черв'ячний прес. Там він пластикується і дозується в пресформу, до якої приєднані трубки з охолоджуючою рідиною від холодильника 7. В пресформі

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виріб охолоджується, виштовхується і потрапляє в ящик. Якщо на лінії присутній робот-маніпулятор, то він забирає деталь з виштовхувачів і кладе її на конвеєр. Далі проходить механічна обробка. Відходи йдуть на переробку в дробарку 8, а готова продукція на склад.

На малих підприємствах зазвичай використовуються невеликі термопластавтомати без автозавантажувача, робота-маніпулятора та конвеєра. А дробарка та сушилка стоять окремо.

Висновки:

- розглянуто технологічну лінію виробництва виробів з пластмас під тиском та послідовність операцій;
- визначено, що черв'ячний прес та пресформа, що являються разом термопластавтоматом, є важливою та невід'ємною складовою розглянутої технологічної лінії.

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

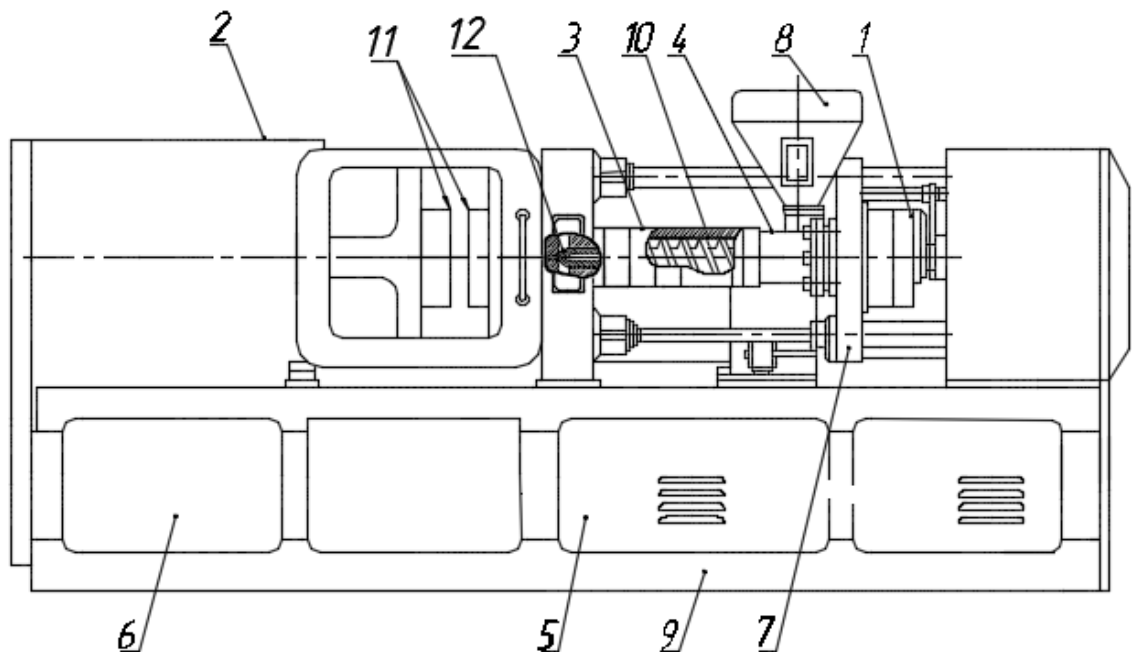
Основні показники ТПА наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика ТПА

1. Тиск вприску	<i>МПа</i>	140
2. Діаметр черв'яка	<i>мм</i>	45
3. Відношення діаметру черв'яка до його довжини		1:20
4. Частота обертання черв'яка	<i>об/хв</i>	0-180
5. Максимальний об'єм вприску	<i>см<sup>3</sup></i>	250
6. Кількість зон обігріву циліндра	<i>шт.</i>	3
7. Швидкість пластикації	<i>г/с</i>	22
8. Потужність двигуна	<i>кВт</i>	18.5
9. Габарити: довжина ширина висота	<i>мм</i>	4600 1300 1700
10. Маса	<i>кг</i>	3900
11. Максимальний тиск насоса	<i>МПа</i>	16
12. Об'єм масляного бака	<i>л</i>	200
13. Зусилля змикання	<i>кН</i>	1300

### 3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

На Рисунку 3.1 зображено загальний вигляд термопластавтомата. Нижче наведено принцип роботи [4].



- 1 – механізм інжекції та вприску, 2 – механізм змикання форми,  
3 – електрообігрів, 4 – циліндр інжекції, 5 – гідроагрегат, 6 – гідроблок,  
7 – редуктор, 8 – бункер, 9 – станина, 10 – черв'як, 11 – прес-форма,  
12 – сопло

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд термопластавтомата.

ТПА складається з 2 частин: механізму пластикації-впорскування 1 та механізму запирання форми 2. Перша з цих частин служить для дозування матеріала, його пластикації та впорскування розплаву в форму. Друга частина призначена для кріплення литтєвої форми, її переміщення і утримання в зімкненому стані.

Черв'як 10 виконує одночасно функції пластикуючого та дозуючого органа і впорскуючого поршня. При попередній пластикації черв'як 10, обертаючись від

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



привода, переміщує перероблюваний матеріал із бункера 8 в передню частину нагрівачого циліндра 4. При цьому черв'як і зв'язаний з ним поршень відходять вправо. Далі механізм пресової частини 2 змикає прес-форму 11. Після цього весь механізм пластикації і впорскування спеціальним пристроєм підводиться до правої півформи, і осьовим переміщенням черв'яка 10 вліво за допомогою гідроциліндра і поршня доза розплаву, яка накопичилась при попередній пластикації перед черв'яком, впорскується в литтєву форму через сопло 12 (рис. 3.2).

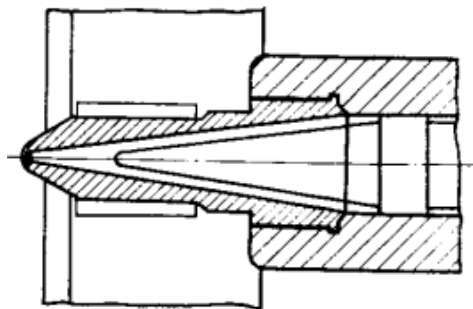


Рисунок 3.2 – Конструкція сопла литтєвої машини

Потім відбувається витримка матеріалу під тиском. Після цього наступають дві одночасні технологічні операції: витримка виробу в формі на отвердіння (без тиску) і підготовка порції матеріалу в циліндра 4 для наступного циклу лиття. При цьому частіше всього інжекційний механізм відводиться від форми.

Черв'як має 3 зони: живлення, плавлення та дозування.

У зоні живлення відбувається прийом матеріалу, що переробляється, і його переміщення в напрямку зони плавлення й ущільнення. Для підвищення продуктивності зона завантаження виконується з великим об'ємом гвинтового каналу черв'яка.

У зоні плавлення відбувається розплавлювання полімеру, його ущільнення і дегазація. Для ефективного проведення зазначених процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини каналу, кроку гвинтової лінії чи обох параметрів.

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зоні дозування відбувається перемішування розплаву і зростає тиск, під дією якого розплав продавлюється через формуючий інструмент.

Довжина функціональних зон екструдера може коливатися в значних межах у залежності від властивостей матеріалу, що переробляється, і особливостей технології переробки.

Перевагами ТПА є точні розміри вилівка та мінімальна механічна обробка.

Недоліки: висока вартість пресформи та її довге виготовлення, обмежена товщина стінок виробу, витікання розплаву із сопла, досить швидкий знос формуючих елементів, перепад тиску, причиною якого може бути неякісний виріб.

Висновки:

- розглянуто базову конструкцію, її основні частини та принцип дії;
- визначено переваги та недоліки ТПА базової конструкції.

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4 ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Для покращення експлуатаційних характеристик ТПА шляхом виправлення вказаних раніше недоліків виконано літературно-патентний пошук відповідних технічних рішень.

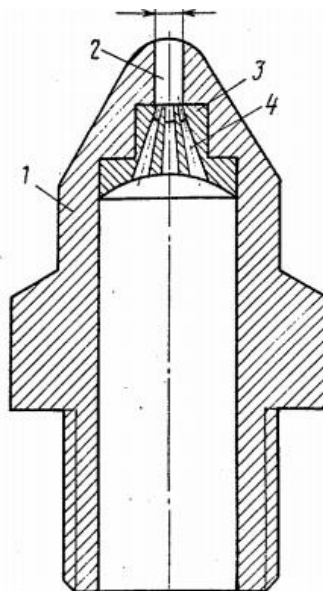
Місцями патентного пошуку були такі сайти, як [www.epo.org](http://www.epo.org), [www1.fips.ru](http://www1.fips.ru), [base.ukrpatent.org](http://base.ukrpatent.org), [patents.su](http://patents.su).

Загалом обрано 6 технічних рішень, які приведені нижче.

Винахід [5] відноситься до переробки пластмас методом лиття під тиском.

Ціллю запропонованого технічного рішення (рис. 4.1) є підвищення технологічних параметрів литтєвої машини і економія полімерного матеріалу.

Це досягається тим, що отвори 4 напрямлені по відношенню до центрального отвору 2 і виконані конічними. За рахунок того, що отвори виконані конічними, відбувається додаткова підвищення тиску лиття, підвищення температури розплаву та швидкості заливки.

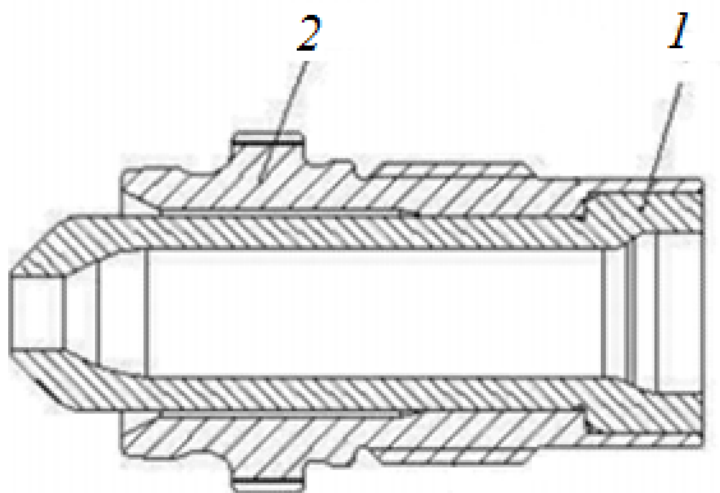


1 – корпус, 2 – центральний отвір, 3 – гільза, 4 – конічні отвори

Рисунок 4.1 – Сопло литтєвої машини для переробки пластмас

Винахід [6] розкриває структуру сопла, що містить наконечник сопла і захисний циліндр. Захисний циліндр розташований на зовнішній поверхні наконечника сопла.

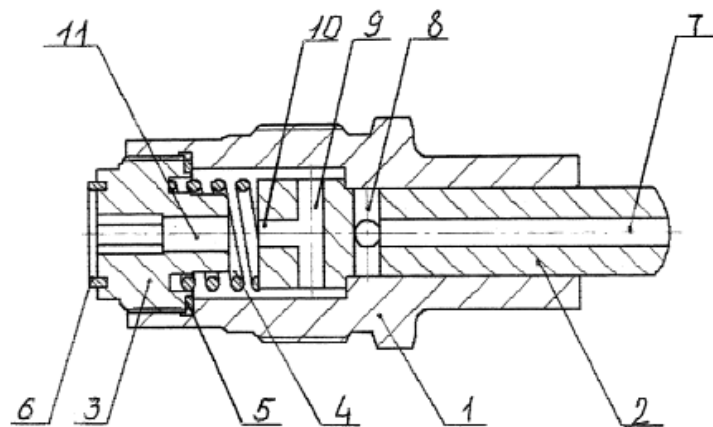
Перевагою моделі (рис. 4.2) є те, що наконечник сопла 1 не пошкоджується завдяки циліндру 2 і це продовжує термін служби сопла в цілому, дозволяє його зручно розбирати.



1 – наконечник сопла, 2 – захисний циліндр

Рисунок 4.2 – Наконечник сопла

Сопло (рис. 4.3) [7] працює наступним чином. Матеріальний циліндр литтєвої машини з встановленим в ньому соплом подається вперед до упору з формою, при цьому плунжер сопла 2, встановлений в корпусі 1, зміщується назад до упору з заглушкою 3, стискаючи пружину 4, і відкриває прохід розплаву, що подається під тиском через канали 11, 10, 9, 8, 7. Після заповнення форми матеріальний циліндр з соплом відводиться назад. Пружина 4 переміщує плунжер 2 вперед, у вихідне положення, закриває канал 8, запобігаючи витік матеріалу. Сопло підготовлено до наступного циклу.

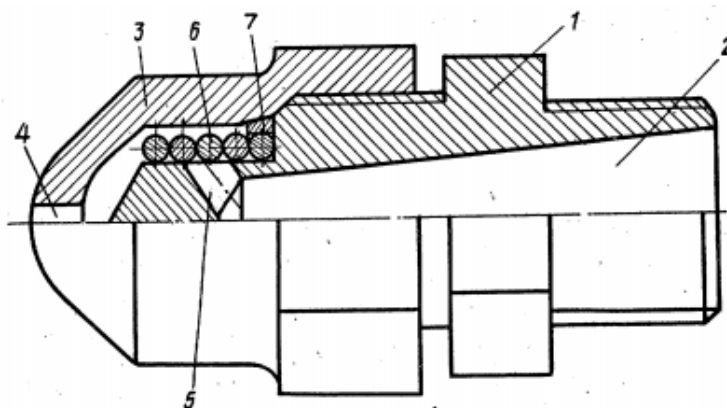


1 – корпус, 2 – плунжер, 3 – заглушка, 4 – пружина, 5, 6 – герметизуючі кільця, 7, 8, 9, 10, 11 – канали

Рисунок 4.3 – Сопло самозакриваюче для заповнення форм

Метою винаходу [8] є підвищення надійності роботи сопла, спрощення його конструкції і переналадки.

Сопло (рис. 4.4) працює наступним чином. Його встановлюють в нагрівальний циліндр литтєвої машини. При заливці прес-форми розплав під тиском поступає в розміщений по центральній осі канал 2 корпуса 1 сопла, далі проходить через розводящі канали 5 і давить на пружинний елемент 6, встановлений на поверхні корпуса 1 в місці виходу розводящих каналів 5 з їхнім перекриттям. Під дією тиску розплаву витки пружини розходяться і розплав поступає через вихідний канал 4 наконечника 3 в прес-форму.



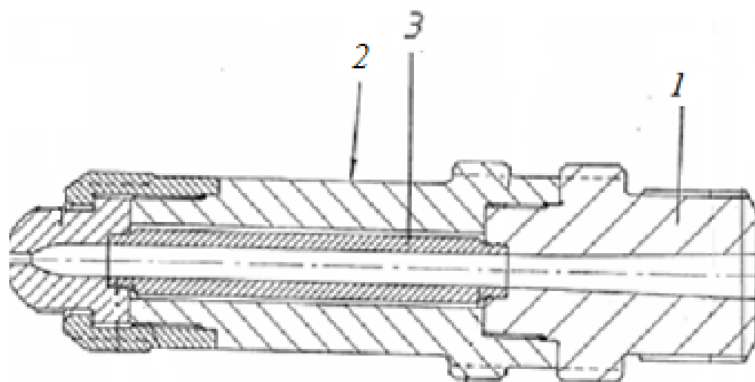
1 – корпус, 2 – канал, 3 – наконечник, 4 – вихідний канал, 5 – розводящі канали, 6 – пружина, 7 – прижимне кільце

Рисунок 4.4 – Сопло литтєвої машини для пластмас

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний винахід [9] відноситься до пристрою для лиття під тиском пластмасового матеріалу. Щоб уникнути витіку, важливо, щоб сопло притискалося до форми точно посередині. Відомі сопла мають жорсткі наконечники, які в більшості випадків не дозволяють 100% центрування. Наслідком цього є похилий знос наконечника сопла.

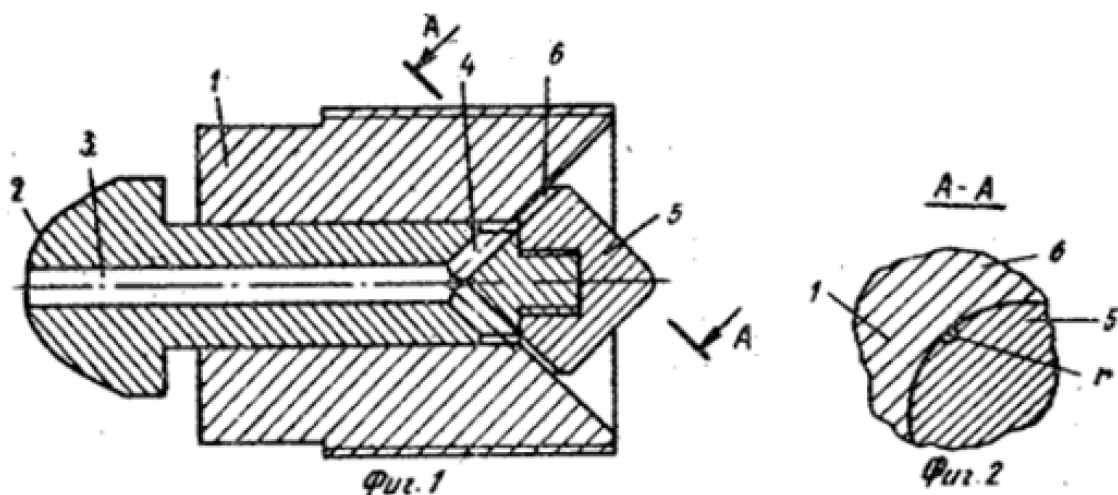
Основною метою винаходу (рис. 4.5) є отримання простого пристрою, який безпечно і ефективно вирішує вищезгадану проблему. Щоб запобігти витіканню розплаву між різними деталями використовується ущільнення. При проведенні трубки 2 до наконечника 3 ця проблема може бути вирішена. Таким чином, завдяки трубці 2, досягається по суті стовідсоткове ущільнення і центрування сопла.



1 – корпус сопла, 2 – трубка, 3 – наконечник сопла

Рисунок 4.5 – Сопло для литтєвої машини

Технічне рішення [10] працює наступним чином (рис. 4.6). При вприску перероблюваного матеріалу в форму сопло прижимається передньою частиною клапана 2 і переміщується вправо відносно корпусу 1, відкриваючи канал 4 для проходження матеріалу в форму. При наборі нової дози для вприску клапан 2 під тиском матеріалу переміщається вліво і перекриває канал 4 так, що конус 5 прижимається до корпусу 1. При цьому витрата матеріалу через канал 6 дуже мала, так як при наборі нової дози тиск невеликий.



1 – корпус, 2 – клапан, 3, 4, 6 – канали, 5 – конус

Рисунок 4.6 – Сопло литтєвої машини для полімерів

Аналіз розглянутих технічних рішень, показав, що для вирішення мети роботи доцільно використати технічне рішення [7], яке полягає тому що в соплі для заповнення форм, що містить концентрично розташований корпус, плунжер, розташований в корпусі з можливістю зворотно-поступального переміщення, що має канали для проходження розплаву, сполучені з корпусом, що відрізняється тим, що плунжер, встановлений в корпусі, виконаний підпружиненим з можливістю перекриття каналу для проходу розплаву в момент відведення його від форми. Можливе виконання даного технічного рішення з заглушкою, яка загерметизована в корпусі ущільнюючими кільцями з обох сторін. Завдяки цій конструкції отримується підвищення надійності і спрощення конструкції, а також запобігання довільного витікання матеріалу з сопла в момент його відводу від форми. Це в свою чергу зменшить витрати матеріалу.

#### Висновки:

- проведено літературно-патентний огляд;
- розглянуто і описано 6 технічних рішень;
- для модернізації базової машини обрано рішення з модернізації сопла, що полягає в встановленні системи автоматичного перекривання випускного каналу при відведенні сопла від форми [7].

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відповідно до закону України про охорону праці для обслуговуючого персоналу необхідно розробити безпечні не шкідливі умови праці для персоналу на підприємствах[11]. Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць розташування обладнання, правильну експлуатацію обладнання і організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання в виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил.

Розробка комплексу питань з охорони праці є обов'язковою вимогою відповідно до теми дипломного проекту термопластавтомат з модернізацією сопла.

ТПА для виробництва деталей знаходиться в приміщенні довжиною 20м, Шириною 10м, висотою 6м.

При обслуговуванні ТПА можуть виникнути наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- ураження електричним струмом;
- вплив механізмів, які рухаються;
- пожежна безпека;
- виробничий шум.

### 5.1 Повітря робочої зони.

Робота оператора, який обслуговує термопластавтомат відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ГОСТ 12.1.005-88/98 з енерговитратами 630 Кдж/год.

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У операторській встановлена загально-обмінна вентиляція за допомогою механічної витяжки для приточування повітря. Вхідне повітря від пилу фільтрується за допомогою скрубера. У цій системі повітря подається в приміщення вентиляцією приточування, а віддаляється витяжною, що працюють одночасно. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - з верхньої зони приміщення ділянки.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запилене повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ12.1.005-88.

У цеху також встановлена система опалення та кондиціонер.

Всі проведені заходи забезпечують у виробничому приміщенні такі параметри повітря:

- температура повітря в робочій зоні в холодний період року складає: 20-23 оС – допустима і 19-21 оС – фактична, а в теплий період: 22-25 оС та 21-23 оС відповідно;

- відносна вологість складає 40-60%;

- швидкість руху повітря – 0,2 м/с.

- ГДК пилу 6 мг/м<sup>3</sup> – допустима, 2 мг/м<sup>3</sup> – фактична.

## 5.2 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування термопластавтоматом, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга  $U = 220/380$  В, з частотою  $f = 50$  Гц із глухо-заземленою нейтраллю.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;

- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;

- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання. Трифазні ланцюги згідно “Правилам устрою електроустановок” (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються, як трьохпровідні ланцюги з глухо-заземленою нейтраллю.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки знаходяться в спеціальній шафі;

- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;

- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;

- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;

- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачати затисками для підключення занулення.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на напрузі  $U=200$  В з частотою  $f=50$  Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Забезпечення електробезпеки при проектуванні апаратів для даної лінії є дуже важливим чинником, знижує смертність та травматизм серед обслуговуючого персоналу в виробничих умовах.

### 5.3 Пожежна безпека

Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільш імовірними є такі:

- несправність електроустаткування;

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;
- використання вогню в неналежному місці.

Технологічний процес виробництва деталей з композиційних матеріалів відноситься до категорії В (ОНТП-24-86) .

Запобігання пожежі забезпечується такими мірами:

- дотриманням технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- палінням тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасним проведенням інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організацією агітації по протипожежній безпеці;
- наявністю засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявністю засобів пожежегасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, ковдри, вогнегасники).

Для гасіння невеликих ділянок загорання при виключеному та включеному (до 1000В.) електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (6 шт.) та порошкові ОП-10 (3 шт.).

У приміщенні, де розташовується установка, на відстані 30 метрів одне від одного повинні бути встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу повинна бути не більше 40 метрів.

Кількість виходів - не менше двох. Ширина дверей еваковиходу - 2 метри. Двері еваковиходу повинні відкриватись на зовні.

Безпека технологічного процесу і обладнання: у випадку підвищення допустимих робочих параметрів ТПА спрацьовують відповідні аварійні програми.

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4 Виробничий шум

Шум, який виникає при роботі машини та іншого устаткування лінії, постійний. Основними джерелами шуму при роботі є електродвигуни, вали та черв'яки, що обертаються, та інше устаткування. За своєю природою шум у даному випадку механічний та гідродинамічний. Згідно нормам шуму для виробничих приміщень рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА. Зниження шуму досягається шляхом шумопоглинання. Для цього використовують облицювання з перфорованим покриттям та плит. Для того щоб досягнути максимального ефекту вкриваємо не менше 60% внутрішньої площі шумопоглинаючим покриттям. Вихлопні патрубки насосів з'єднані з герметичним каналом, який забезпечує ізоляцію шуму вихлопу[11]. Звукоізолююча здатність дверного отвору приміщення повинна бути не нижче 30 дБА. Стіни і перекриття приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність 50 дБА і вище. Для зменшення шуму елементів, що обертаються, необхідно слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах.

## 5.5 Промислове освітлення

При недостатньому освітленні робочого місця виникає велика вірогідність травмування працівників.

Для цеху висотою до 5 м, в якому знаходиться лінія, передбачено природне і штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходять лампи денного освітлення типу ЛД, мають більшу світову віддачу лампи накаливання (до 75 лм/вт), та більший термін використання (8-12 тис. год.). Світильники штучного освітлення мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, зручність обслуговування, безпечність, і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності.

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У всіх виробничих приміщеннях має бути передбачено робоче і аварійне освітлення. Аварійне освітлення має забезпечувати спостереження за роботою під час раптового відключення робочого освітлення.

ТПА для виробництва деталей знаходиться в приміщенні довжиною 20м, Шириною 10м, висотою 6м.

Нормативна освітленість Ен-300 лк.

Встановлені світильники типу ЛДР з лампами ЛЕ (для нашого приміщення три ряди). В кожному ряду повний світловий потік ламп повинен складати  $\Phi = 65000$  лм. Якщо прийняти світильники з двома лампами ЛБ-40, то необхідна кількість світильників в ряду 10, а в приміщенні 30.

Фактична освітленість Еф-315, що відповідає ДБНВ 2.5.2.8-2006

## 5.6 Небезпека впливу частин машини, що рухаються й обертаються

Механізмами, які обертаються є: корпус машини, вінцева і підвінцева шестерня, ролики, ролико-опори, муфти. Ці механізми є небезпечними, тому, що можливе нанесення механічних травм і можуть спричиняти людську смерть. З метою запобігання травм на нових ТПА встановлена система зупинки машини, коли оператор відкриває захисну панель. Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах. Для аварійної зупинки машини передбачені аварійні вимикачі. Але для більшої безпеки робітникам повинні бути видані індивідуальні засоби захисту:

- комбінезони для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття відповідне до спецодягу;
- засоби захисту рук.

Висновки:

- розглянуто небезпечні виробничі ситуації;
- розроблено заходи для уникнення таких ситуацій для безпечної роботи працівників.

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Метою дипломного проекту є проведення модернізації сопла термопластавтомата. Для цього проведені наступні роботи:

- розглянуто технологічну лінію виробництва виробів з пластмас під тиском, базову конструкцію, її основні частини та принцип дії. Визначено переваги та недоліки ТПА базової конструкції;
- проведено літературно-патентний огляд. Розглянуто і описано 6 технічних рішень;
- для модернізації базової машини обрано рішення з модернізації сопла, що полягає в встановленні системи автоматичного перекривання випускного каналу при відведенні сопла від форми [7];
- розглянуто небезпечні виробничі ситуації та розроблено заходи для їх уникнення;
- проведено розрахунки працездатності машини;
- спроектовано 3D модель модернізованого сопла та виконано за допомогою системи ANSYS розрахунки його напруженого деформованого стану .

					ЛП51.137246.01-70ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЛІТЕРАТУРА

1. <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/polimerov-vse-bolshe-analiz-rynka-izdelij-iz-plastika-ukrainy>.
2. <https://vmasshtabe.ru/promzona/tehnologicheskaya-shema-litya-pod-davleniem.html>
3. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Учеб. для вузов. – М.Химия, 1986, с.488.
4. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ.: 2006. – 270с.
5. Сопло литевой машины для переработки пластмас. Патент № 1720880 (SU), МПК В29С 45/20. Шумков Н.А. - Заявка №4841360/05, 20.06.1990; Оpubл – 23.03.1992.
6. Наконечник сопла. Патент № 107962741(CN), МПК В29С 45/20. Zeng Zhi – Заявка №201711463880.6, 28.12.2017; Оpubл – 27.04.2018.
7. Сопло самозакрывающее для заполнения форм. Патент № 109044(RU), МПК В29С 45/23. Коршун Г.С., Медведев С.М. – Заявка № 2011112884/05, 04.04.2011; Оpubл.—10.10.2011.
8. Сопло литевой машины для пластмас. Патент № 1351807 (SU), МПК В29С 45/23. Ніколаєв Г.І., Наборщиков П.Г. – Заявка № 4016590/23-05, 04.02.1986; Оpubл. – 15.11.1987.
9. Сопло для литевой машины. Патент № 102004011141(DE), МПК В29С 45/20. Mueller Hans – Заявка № 102004011141.3, 08.03.2004; Оpubл. – 16.09.2004.
10. Сопло литевой машины для полімерів. Патент № 677946 (SU), МПК В29F 1/03. Межуєв В.В., Бородін Р.Л., Тагунов А.Я., Ащеулов А.А.; Оpubл. – 05.08.1979.
11. Махнович А.Т., Боханько Г.Я. «Охрана труда и противопожарная защита на предприятиях промышленности строительных материалов.» М.: Стройиздат, 1978. 247 с.

					<i>ЛП51.137246.01-70ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **РОЗРАХУНКИ**



## ЗМІСТ

1 Розрахунки, що підтверджують працездатність термопластавтомата.....	2
1.1.Розрахунок геометрії черв'яка.....	2
1.2 Продуктивність термопластавтомата.....	4
1.3 Розрахунок потужності електродвигуна термопластавтомата.....	6
1.4 Розрахунок черв'яка на стиск .....	9
1.5 Розрахунок черв'яка на кручення.....	12
2 Тепловий розрахунок термопластавтомата.....	14
3 Розрахунок запропонованої модернізації сопла термопластавтомата методом скінчених елементів.....	18
Література.....	

					ЛП51.137246.02-70PP					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	Термопластавтомат з модернізацією сопла			Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Рогожинський								
Перевір.		Лелека С.В..							1	
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.										
Затверд.		Гондляр О.В.								

# 1 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

## 1.1 Розрахунок геометрії черв'яка

Мета – розрахувати геометричні параметри черв'яка.

Вихідні дані:

- діаметр черв'яка  $D = 45$  мм;

- відношення довжини робочої частини черв'яка до його діаметра  $L/D=20$ .

Розрахунок проводимо геометрії черв'яка згідно з [1] :

Робоча довжина черв'яка:

$$L = D \cdot (L/D) = 45 \cdot 20 = 900 \text{ мм.} \quad (1.1)$$

Довжина шліцевої частини черв'яка:

$$L_{\text{шл}} = (1.25 \dots 1.5)D = 1.33 \cdot 45 = 60 \text{ мм.} \quad (1.2)$$

Довжина підшипника циліндричної частини черв'яка:

$$L_n = (1.5 \dots 2)D = 1.7 \cdot 45 = 76.5 \text{ мм.} \quad (1.3)$$

Довжина нарізної відбійної частини черв'яка:

$$L_h = 0.3D = 0.3 \cdot 45 = 13.5 \text{ мм.} \quad (1.4)$$

Довжина хвостової частини черв'яка:

$$L_{\text{хв}} = L_{\text{шл}} + L_n + L_h = 60 + 76.5 + 13.5 = 150 \text{ мм} \quad (1.5)$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L_0 = L + L_{\text{хв}} = 900 + 150 = 1050 \text{ мм} \quad (1.6)$$

Довжина зони дозування  $L_d$ :

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_D = 0.4 \div 0.6 L = 0.4 \cdot 900 = 360 \text{ мм.} \quad (1.7)$$

Довжина зони завантаження  $L_3$ :

$$L_3 = 0.25 \div 0.35 L = 0.3 \cdot 900 = 270 \text{ мм.} \quad (1.8)$$

Довжина зони пластикації  $L_P > 0.2 L$ :

$$L_P = L - L_D - L_3 = 900 - 360 - 270 = 270 \text{ мм} \quad (1.9)$$

$$270 > 0.2 \cdot 900 = 180 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

Крок нарізки витків  $t$  (в середньому  $t = D$ ):

$$t = 0.8 \div 1.2 D = 1 \cdot 45 = 45 \text{ мм.} \quad (1.10)$$

Ширина витка  $e$ :

$$e = 0.08 \div 0.12 D = 0.12 \cdot 45 = 4.5 \text{ мм.} \quad (1.11)$$

Глибина нарізки в зоні завантаження  $h_1$ :

$$h_1 = 0.1 \div 0.14 D = 0.12 \cdot 45 = 5.4 \text{ мм.} \quad (1.12)$$

Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження  $d_1$ :

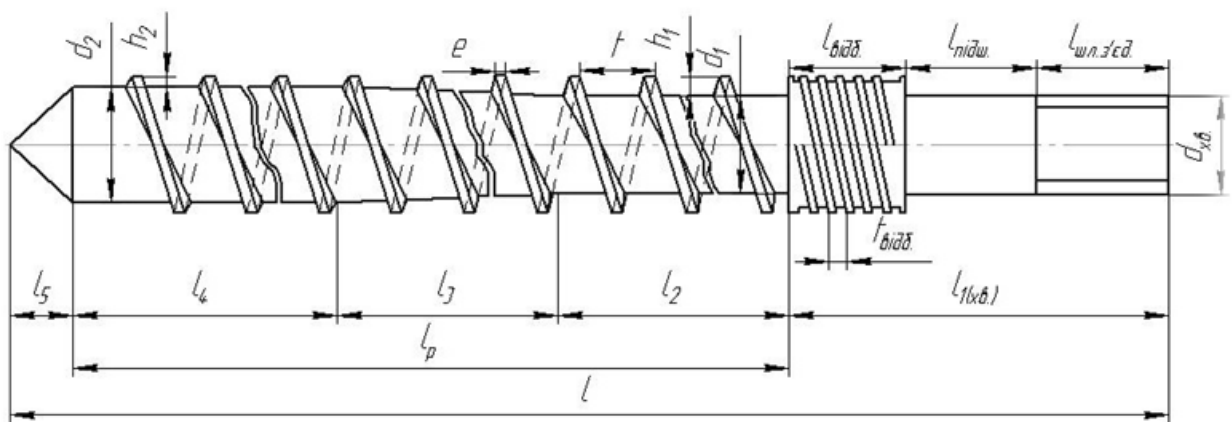
$$d_1 = D - 2 h_1 = 45 - 2 \cdot 5.4 = 34.2 \text{ мм.} \quad (1.13)$$

Глибина нарізки в зоні дозування  $h_2$ :

$$\begin{aligned} h_2 &= 0,5 \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] \\ &= 0,5 \cdot \left[ 45 - \sqrt{45^2 - \frac{4 \cdot 5.4}{2,35} (45 - 5.4)} \right] = 2.1 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.14)$$

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо  $i=2,35$  для полістиролу.

$$d_2 = D - 2 h_2 = 45 - 2 \cdot 2.1 = 40.8 \text{ mm.} \quad (1.15)$$
$$\delta = 0.002 \div 0.003 \text{ D} = 0.0025 \cdot 45 = 0,135 \text{ MM.} \quad (1.16)$$


					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- густина ПС  $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$ ;
- гніздність форми  $m = 1$ .

Циклограма роботи базової машини:

Середній час охолодження виробу з ПС обираємо для максимального об'єму вприску [2, табл. 2.10]:

$$\tau_{\text{ох}} = 35 \text{ с} \quad (1.17)$$

Час вприску :

$$\tau_{\text{впр}} = \frac{h}{v_{\text{інж}}} = \frac{0.09}{0.05} = 1.8 \text{ с} \quad (1.18)$$

$h$  – величина ходу черв'яка або та відстань на яку відійшов черв'як при наборі дози. Приймаємо:

$$h = (1 \dots 3) D = 2.45 = 90 \text{ мм} \quad (1.19)$$

Час змикання (розмикання) форми:

$$\tau_{\text{зм}} = \tau_{\text{розм}} = \frac{H_{\text{ходу}}}{v} = \frac{0.45}{0.25} = 1.8 \text{ с} \quad (1.20)$$

Час виштовхування беремо приблизно 3с.  $\tau_{\text{в}} = 3 \text{ с}$ .

Час циклу:

$$\tau = \tau_{\text{ох}} + \tau_{\text{впр}} + \tau_{\text{в}} + 2 \cdot \tau_{\text{зм}} = 35 + 1.8 + 3 + 2 \cdot 1.8 = 43.4 \text{ с} \quad (1.21)$$

Штучна продуктивність:

$$P_{\text{шт}} = \frac{m}{\tau} \cdot 3600 = \frac{1}{43.4} \cdot 3600 = 83 \frac{\text{шт}}{\text{год}} \quad (1.22)$$

З характеристики базової машини маємо швидкість пластикації 22 г/с.

Звідси вираховуємо час пластикації для максимального об'єму вприску:

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{пл} = \frac{V_{max} \cdot \rho}{v_{пл}} = \frac{250 \cdot 1,04}{22} = 12 \text{ с} \quad (1.23)$$

Тоді пластикаційна продуктивність черв'яка дорівнює:

$$П_{чер} = \frac{V_{max} \cdot \rho}{\tau_{пл}} \cdot 3600 = \frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1040}{12} \cdot 3600 = 78 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (1.24)$$

### 1.3. Розрахунок потужності електродвигуна термопластавтомата

Мета розрахунку: визначити потужність електродвигуна ТПА

Вихідні дані:

- крок гвинтової нарізки черв'яка	$t = 45 \text{ мм}$
- зовнішній діаметр черв'яка	$D = 45 \text{ мм}$
- тиск на виході із зони дозування	$P = 40 \text{ Па}$
- діаметр сердечника в зоні завантаження	$d_1 = 34.2 \text{ мм}$
- діаметр сердечника в зоні дозування	$d_2 = 40.8 \text{ мм}$
- глибина нарізки в зоні завантаження	$h_1 = 5.4 \text{ мм}$
- глибина нарізки на початку зони дозування	$h_2 = 2.1 \text{ мм}$
- довжина зони дозування	$L_d = 360 \text{ мм}$
- ширина гребня витка черв'яка	$e = 4.5 \text{ мм}$
- число заходів черв'яка (однозаходний)	$\varepsilon = 1$
- радіальний зазор	$\delta = 0,135 \text{ мм}$
- швидкість обертання черв'яка	$n = 180 \text{ об/хв}$
- тиск в зоні дозування	$P = 40 \text{ МПа}$

Потужність електродвигуна дорівнює:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (1.25)$$

де  $N_1$  – потужність, яка витрачається в каналі гвинтової нарізки та дорівнює:

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L_d \cdot J \cdot \mu_1 \cdot n^2}{36t} + \frac{10^{-6} \cdot \alpha \cdot P \cdot n}{6} \quad (1.26)$$

$N_2$  – потужність, що витрачається в зазорі між гребнями черв'яка і корпусом:

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 e \cdot L \cdot D^3 \cdot \mu_2 \cdot n^2}{36t\delta} \quad (1.27)$$

де  $\mu$  – ефективна в'язкість матеріалу в каналі, Па·с;

$\alpha$ - коефіцієнт прямого потоку, мм<sup>3</sup>;

$J$  – коефіцієнт, що обчислюється за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{(D - d_2) \cdot (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2.3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \lg \frac{h_1}{h_2} = \frac{3.14^2 \cdot 45^2 - 4 \cdot 45^2}{3.14^2} +$$

$$+ \frac{(45 - 40.8) \cdot (45 + 34.2)}{3 \cdot (40.8 - 34.2)} + \frac{2.3 \cdot 3.14^2 \cdot 45^5}{(45 + 3.14^2 \cdot 45^2) \cdot (5.4 - 2.1)} \cdot \lg \frac{5.4}{2.1} = 2,7 \cdot 10^4 \quad (1.28)$$

Коефіцієнт  $\alpha$  розраховується за формулою:

$$\alpha = \frac{\pi^3 (t - \varepsilon e) \sigma}{a + t^2 b}, \quad (1.29)$$

де:

$$\sigma = 1 + \frac{D^2}{2h_2^2} = 1 + \frac{45^2}{2 \cdot 2.1^2} = 230 \quad (1.30)$$

$$a = \frac{\pi^3}{h_2^2} \left( \frac{D}{h_2^2} - 1 \right) = \frac{\pi^3}{2.1^2} \left( \frac{45}{2.1^2} - 1 \right) = 64.6 \text{ мм}^{-2} \quad (1.31)$$

$$b = \frac{h_2 + D}{D^2 h_2^3} = \frac{2.1 + 45}{45^2 \cdot 2.1^3} = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^{-4} \quad (1.32)$$

Знаходимо коефіцієнт  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{\pi^3 (45 - 1 \cdot 4.5) \cdot 230}{64.6 + 45^2 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3}} = 4140 \text{ мм}^3; \quad (1.33)$$

Знайдемо значення  $\gamma_K$  швидкості зсуву для визначення ефективної

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в'язкості в каналі екструдера:

$$\gamma_1 = \frac{\pi^2(D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp})n}{60h_{cp}\sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2 \cdot h_{cp})^2 - t^2}} = \frac{\pi^2(45 - 3.75) \cdot (45 - 2 \cdot 3.75)180}{60 \cdot 3.75\sqrt{\pi^2 \cdot (45 - 2 \cdot 3.75)^2 - 45^2}} =$$

$$= 112 \text{ c}^{-1} \quad (1.34)$$

По графіку залежності  $\mu = f(\gamma)$ [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_1 = 600 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (1.35)$$

Тоді потужність в каналі:

$$N_1 = \frac{10^{-13}\pi^3(45 - 4.5) \cdot 360 \cdot 2.7 \cdot 10^4 \cdot 600 \cdot 180^2}{36 \cdot 45} + \frac{10^{-6} \cdot 4140 \cdot 40 \cdot 180}{6} =$$

$$= 6.42 \text{ кВт} \quad (1.36)$$

Знайдемо значення швидкості зсуву в зазорі між гребнями черв'яка і корпусом:

$$\gamma_2 = \frac{\pi^2 D^2 n}{60 \cdot \delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{\pi^2 \cdot 45^2 \cdot 180}{60 \cdot 0.135 \sqrt{\pi^2 45^2 + 45^2}} = 2990 \text{ c}^{-1} \quad (1.37)$$

По графіку залежності  $\mu = f(\gamma)$ [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_2 = 40 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (1.38)$$

Потужність в зазорі:

$$N_2 = \frac{10^{-13}\pi^3 \cdot 4.5 \cdot 360 \cdot 45^3 \cdot 40 \cdot 180^2}{36 \cdot 45 \cdot 0.135} = 2.72 \text{ кВт} \quad (1.39)$$

Загальна потужність, що використовується в зоні дозування дорівнює:

$$N_d = N_1 + N_2 = 6.42 + 2.72 = 9.14 \text{ кВт} \quad (1.40)$$

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Враховуючи коефіцієнт корисної дії (ККД) машини ( $\eta = 0.5$ ), то потужність електродвигуна дорівнює:

$$N = \frac{N_d}{\eta} = \frac{9.14}{0.5} = 18.28 \text{ кВт}$$

По отриманим розрахункам вибираємо асинхронний двигун типу 4А160М4У3 [6] потужністю  $N=18.5$  кВт; з синхронною частотою обертання – 1500 об/хв.

#### 1.4 Розрахунок черв'яка на стиск

Мета – визначення працездатності черв'яка. Розрахунки проведені згідно [1].

Вихідні дані:

- потужність, яка споживається черв'яком  $N=18.5$  кВт;
- швидкість обертання черв'яка  $n = 1800$  об/хв;
- зовнішній діаметр черв'яка  $d = 0,045$  м;
- маса черв'яка  $G \approx 12$  кг;
- довжина робочої частини  $l_p = 0.9$  м;
- діаметр осердя в зоні завантаження  $d_0 = 0.0342$  м

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля  $P_{ос.}$ ;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги  $q$ ;
- обертовий момент  $M_{об.}$

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 18.5}{180} = 982 \text{ Нм}$$

Осьове зусилля:

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{oc} = \frac{2M_{кр}}{d} = \frac{2 \cdot 982}{0.045} = 43.6 \text{ кН} \quad (1.41)$$

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рис.1.2.

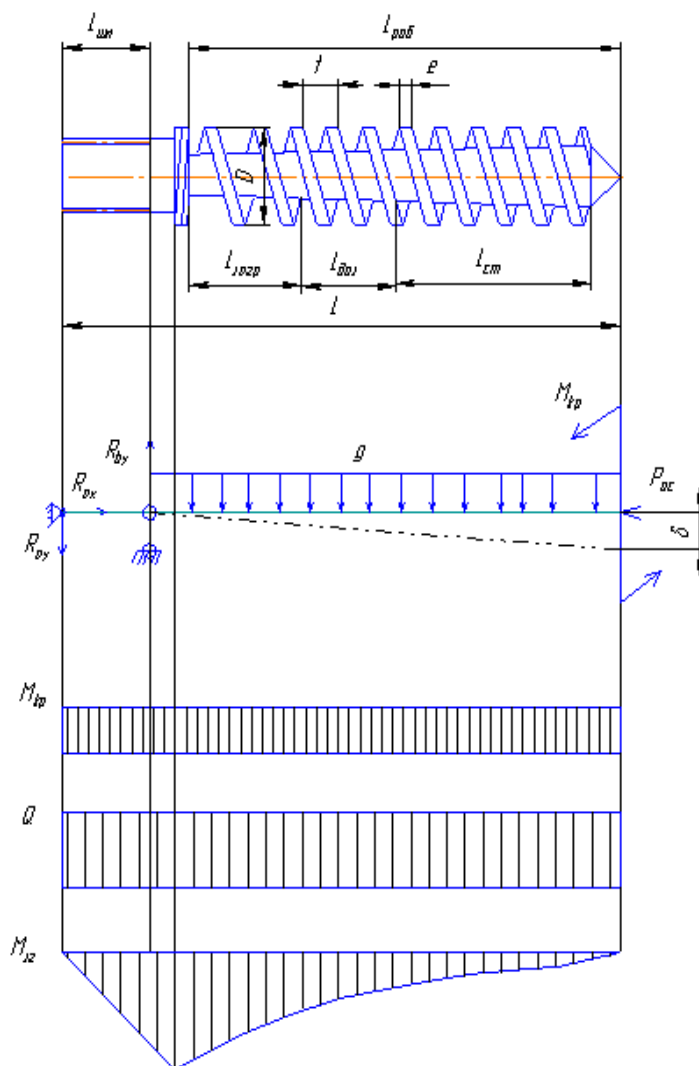


Рисунок 1.2 – Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9.81G}{l_p} = \frac{9.81 \cdot 12}{0.9} = 131 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (1.42)$$

Максимальний обертовий момент:

$$M_{max} = 0.5ql_p^2 = 0.5 \cdot 131 \cdot 0.9^2 = 53 \text{ Нм} \quad (1.43)$$

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - z^4)}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.045^3(1 - 0.76^4)}{32} = 5.9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (1.44)$$

де  $z$  – відношення діаметра осердя в зоні завантаження до зовнішнього діаметра черв'яка:

$$z = \frac{d_0}{d} = \frac{0.0342}{0.045} = 0.76 \quad (1.45)$$

Стисне напруження:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{43.6 \cdot 10^3}{1.06 \cdot 10^{-3}} + \frac{53}{5.9 \cdot 10^{-6}} = 50.1 \text{ МПа} \quad (1.46)$$

де  $F$ - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площа):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2(1 - z^4)}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.045^2(1 - 0.76^4)}{4} = 1.06 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (1.47)$$

Дотичне напруження дорівнює:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{982}{1.2 \cdot 10^{-5}} = 81.8 \text{ МПа} \quad (1.48)$$

де  $W_p$ - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3(1 - z^4)}{16} = \frac{3.14 \cdot 0.045^3(1 - 0.76^4)}{16} = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (1.49)$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{50.1^2 + 4 \cdot 81.8^2} = 171 \text{ МПа} \quad (1.50)$$

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт запасу :

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{700}{171} = 4.1 \quad (1.51)$$

Матеріал черв'яка сталь 40Х, для якої межа текучості  $\sigma_t=700$  МПа.

Умова міцності черв'яка виконується.

### 1.5 Розрахунок черв'яка на кручення

Мета – перевірити запас черв'яка на кручення.

Вихідні дані:

- межа втоми при крученні для сталі 40Х  $\tau_1=210 \cdot 10^6$  Па;
- коефіцієнт стану поверхні  $\beta = 0.9$ ;
- ефективний коефіцієнт концентрації напружень  $K_t=1.9$ ;
- коефіцієнт, що враховує вплив змінної складової напруження  $\varepsilon_t = 0.59$ ;
- коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження  $\xi = 0.05$ ;
- відношення діаметра осердя в зоні завантаження до зовнішнього діаметра черв'яка  $z = 0.76$ ;
- радіус черв'яка в зоні завантаження  $R=0,0171$  м.

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$n_{\text{кр}} = \frac{\tau_1}{\tau_p \left( \frac{K_t}{\beta \cdot \varepsilon_t} + \xi \right)} = \frac{210 \cdot 10^6}{31.5 \cdot 10^6 \left( \frac{1.9}{0.9 \cdot 0.59} + 0.05 \right)} = 1.9 \quad (1.52)$$

Розрахункове напруження кручення розраховується за формулою:

$$\tau_p = \frac{M_{\text{кр}}}{2W_{ro}} = \frac{982}{2 \cdot 1.56 \cdot 10^{-5}} = 31.5 \text{ МПа} \quad (1.53)$$

де  $W_{ro}$  – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{ro} = 2 \frac{I}{R} = 2 \frac{1.34 \cdot 10^{-7}}{0.0171} = 1.56 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (1.54)$$

Полярний момент інерції перетину черв'яка:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4 (1 - z^4)}{64} = \frac{3.14 \cdot 0.045^4 (1 - 0.76^4)}{64} = 1.34 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4 \quad (1.55)$$

Підставивши всі значення в формулу (1.52), отримуємо запас міцності 1.9, що задовольняє умови.

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Мета розрахунку: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном, $N$ , кВт	18.5;
Пластична продуктивність черв'яка, $П_{ЧЕР}$ , кг/год	78;
Початкова температура матеріалу, $T_{П}$ , К	293;
Кінцева температура матеріалу, $T_{К}$ , К	473;
Температура поверхні кожуха, $T_{КОЖ}$ , К	318;
Температура повітря, $T_{ПОВ}$ , К	293;
Діаметр теплообмінної поверхні, $D_{П}$ , м	0.085;
Довжина теплообмінної поверхні, $L$ , м	0.8;
ККД приводу преса, $\eta_1$	0,75;
ККД електродвигуна, $\eta_2$	0,9;
Коефіцієнт теплоємності полістиролу, $C$ кДж/(кг·К)	1.1;
Ступінь чорноти матеріалу кожуха, $E$	0.6;

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_H = П_{ЧЕР} \cdot C_M \cdot (T_K - T_{П}) + Q_{втр}, \quad (2.1)$$

де  $Q_N$  – кількість теплоти, яка виділяється при використанні потужності двигуна:

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 18.5 \cdot 0.75 \cdot 0.9 = 12,5 \text{ кВт} \quad (2.2)$$

$Q_{втр}$  – втрати теплоти в оточуюче середовище:

$$Q_{втр} = Q_k + Q_{випр} \quad (2.3)$$

де  $Q_k$  – втрати теплоти в оточуюче середовище конвекцією:

					<i>ЛП51.13724.2.02-70PP</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}}) \quad (2.4)$$

де  $F$  – теплообмінна поверхня екструдера:

$$F = \pi \cdot D_{\Pi} \cdot L = 3,14 \cdot 0,085 \cdot 0,8 = 0,133 \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

де  $\alpha_k$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\Pi}} \quad (2.6)$$

де  $Nu$  – критерій Нуссельта,  $\lambda_m$  – коефіцієнт теплопровідності при середній температурі.

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Cr \cdot Pr)_m^n, \quad (2.7)$$

де  $Cr$  – критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot d^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_m^2} \quad (2.8)$$

Розрахункова температура:

$$T_p = \frac{T_{\text{кож}} + T_{\text{пов}}}{2} = \frac{318 + 293}{2} = 305,5 \text{ К} = 32,5 \text{ С}^\circ \quad (2.9)$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі [3]:

$\lambda_m = 0,0266 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  – коефіцієнт теплопровідності;

$\nu_m = 16,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості;

$Pr = 0,7$  – критерій Прандтля.

Знаходимо критерій Грасгофа:

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Gr = \frac{\beta \cdot d^3 \cdot g \cdot (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}})}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,085^3 \cdot 9,81 \cdot 10^{12}}{16,2^2} (318 - 293) = 1,9 \cdot 10^6 \quad (2.10)$$

де  $d = D_{\Pi} = 0.085$  м – діаметр теплообмінної поверхні.

Добуток  $Gr \cdot Pr$  дорівнює:

$$Gr \cdot Pr = (1,9 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 1,3 \cdot 10^6 \quad (2.11)$$

Знаходимо критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,54 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25} = 0,54 \cdot (1,3 \cdot 10^6)^{0,25} = 18,2 \quad (2.12)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпуса в оточуюче середовище визначається за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\Pi}} = \frac{18,2 \cdot 0,0266}{0,085} = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.13)$$

Втрати теплоти в оточуюче середовище конвекцією визначаються за формулою:

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}}) = 5,7 \cdot 0,133 (318 - 293) = 19 \text{ Вт} \quad (2.14)$$

Втрати теплоти в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 5,67 E F \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,133 \left( \left( \frac{318}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right) = 13 \text{ Вт} \quad (2.15)$$

$T_1$  – температура кожуха, °С;

$T_2$  – температура оточуючого середовища, °С;

$$Q_{\text{втр}} = Q_k + Q_{\text{випр}} = 19 + 13 = 32 \text{ Вт} \quad (2.16)$$

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Кількість теплоти, яка підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_n = P_{\text{чер}} C_m (T_k - T_n) + Q_{\text{втр}} - Q_N = 78 \cdot 1.1 (473 - 293) + 32 - 12500 = 2,9 \text{ кВт} \quad (2.17)$$

Таким чином, для нагрівання полістиролу до заданої температури на корпусі інжекційного механізму встановлено 3 індукційних нагрівача потужністю 1 кВт.

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНОК ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ СОПЛА ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Метод скінченних елементів (МСЕ) – це потужний та надійним засіб дослідження поведінки конструкцій в умовах різних навантажень та закріплень.

Розрахунки на деформації та еквівалентні напруження виконані в системі ANSYS.

Для кращого відображення розрахунків було виконано розріз:

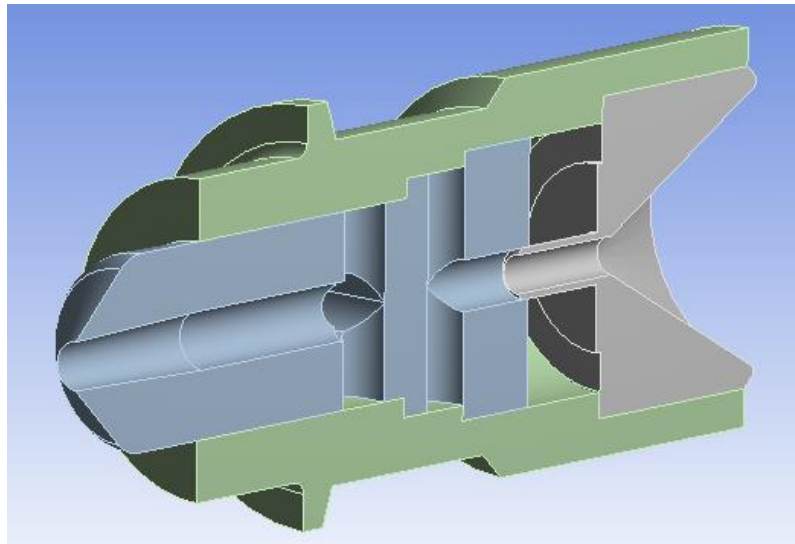


Рисунок 3.1 – Розріз сопла

Для розрахунку деталі виконано наступні дії:

- сформовано розрахункову сітку;
- закріплено деталь;
- задано навантаження, що буде діяти всередині сопла.

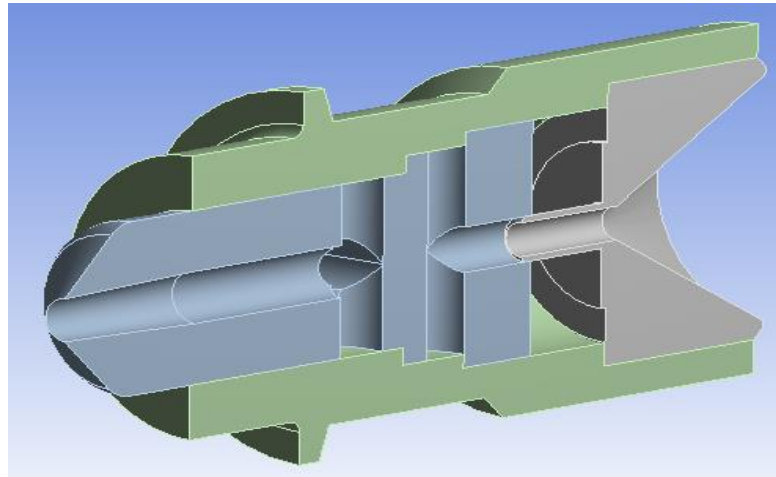


Рисунок 3.2 – Розбиття на скінчені елементи

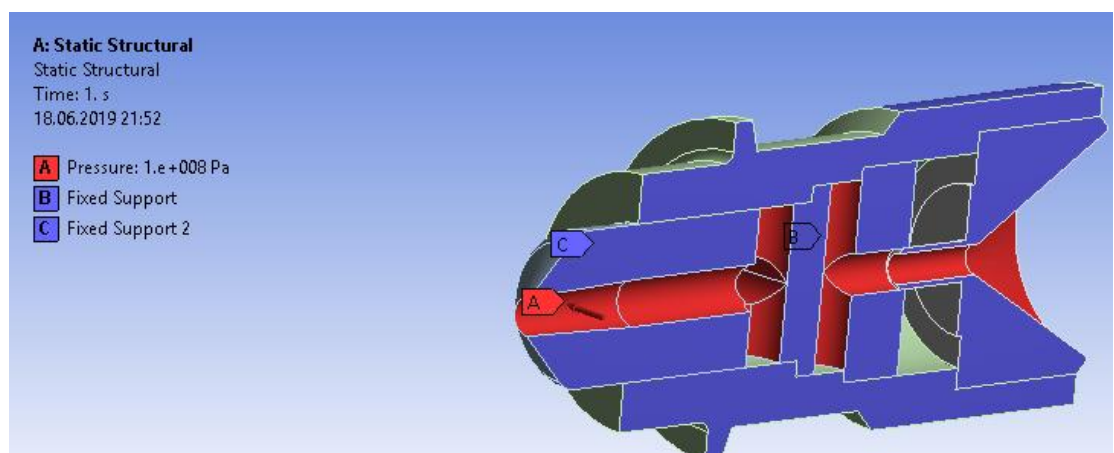


Рисунок 3.3 – Граничні умови

Сопло закріплене різьбовим з'єднанням в корпусі. Наконечник сопла при інжекції впирається в прес-форму. В каналах деталі діє тиск 100 МПа.

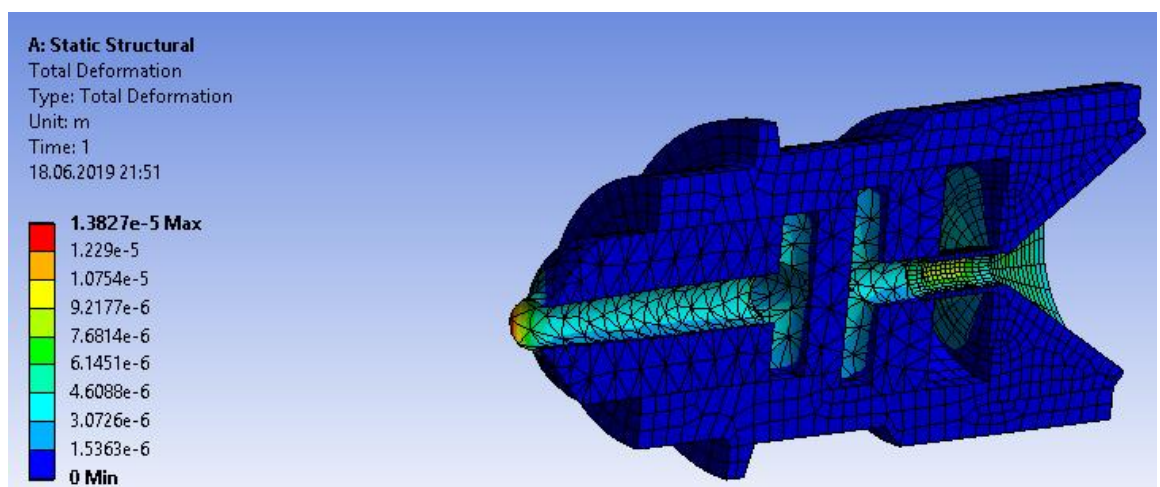


Рисунок 3.4 – Деформації в соплі

Як можна побачити з розрахунку максимальні деформації досягають 0.014 мм, що є в межах допустимого.

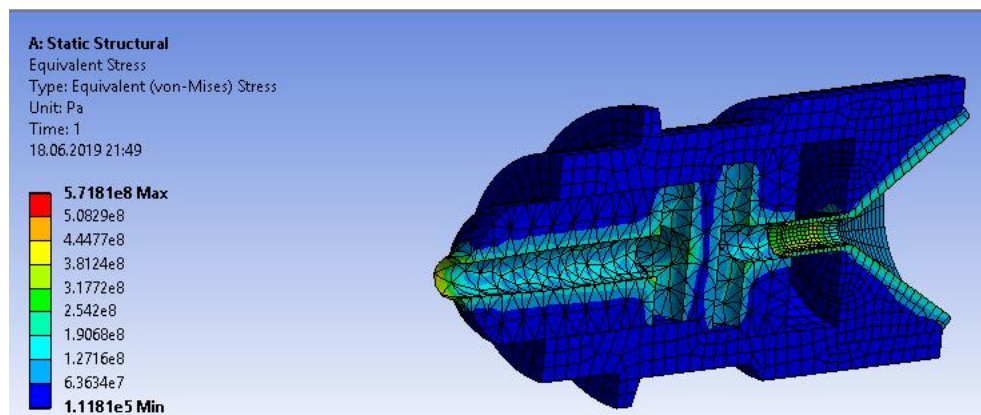


Рисунок 3.5 – Еквівалентні напруження

Максимальні еквівалентні напруження дорівнюють 571 МПа при межі міцності 980 МПа для сталі 40Х.

Задане навантаження в 100 МПа сопло витримує.

					ЛП51.13724.2.02-70PP	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Література

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Учеб. для вузов. – М.Химия, 1986, с.488.
2. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением: Расчет и конструирование – М.: Машиностроение, 1985 – 256с.
3. Малиновський В.В. Процеси та апарати хімічних виробництв. Теплові процеси.– К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 99 с.
4. Справочник: теплофизические и реологические характеристики термопластов.
5. Сівецький В.І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів/ К.-Політехніка,202, с.150
6. ГОСТ 19523-74. Двигуни трьохфазні асинхронні короткозамкнуті серії 4А потужність від 0.06 до 400 кВт. Загальні технічні умови.

					ЛП51.13724.02-70PP	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ**

## ЗМІСТ

1. Технологія виготовлення деталі .....	1
1.1 Опис та призначення деталі .....	2
1.2 Вибір заготовки для виготовлення деталі.....	2
1.3 Технологічний процес виготовлення деталі .....	3
2. Вибір та розрахунок пристосування для певної операції .....	4
2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	4
2.2 Розрахунок сил закріплення деталі .....	5
2.3 Розрахунок сили затиску пристосування.....	8
Висновки .....	9
Перелік посилань.....	10

					<i>ЛП51.137246.03-70TE</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Термопластавтомат з модернізацією сопла</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Рогожинський</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Борицький С.О.</i>					<i>1</i>	
<i>Керівник</i>						<i>НТУУ "КПІ" ІХФ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

# 1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

## 1.1 Опис та призначення деталі

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «корпус інжекційного механізму» і вибір пристосування для однієї з операцій виготовлення деталі.

Корпус інжекційного механізму (рис. 1.1) виконує опорну функцію і має отвір для подання матеріалу для пластикації.

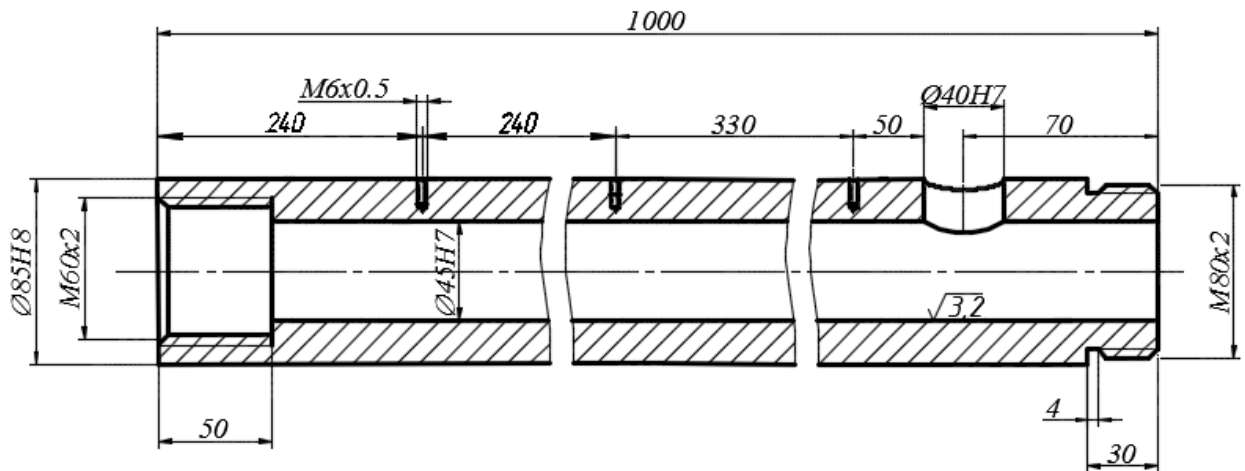


Рисунок 1.1 – Корпус інжекційного механізму

## 1.2 Вибір заготовки для виготовлення деталі

Заготовка (рис. 1.2) для корпусу виготовляється методом прокату.

Матеріал деталі сталь 40Х добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту. Ступені поверхонь обертання зменшуються в одному напрямку – це технологічно.

Матеріал деталі має достатню пластичність для обробки тиском. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

					ЛП51.137246.03-70TE	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2



В іншому деталь складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при добрих технологічних базах.

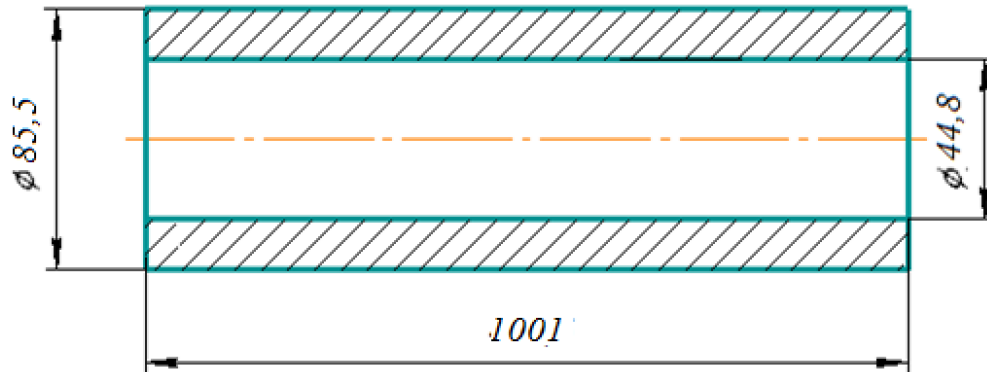


Рисунок 1.2 – Заготовка корпуса

### 1.3 Технологічний процес виготовлення деталі

Процес виготовлення деталі наведено в маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах і складається з наступних етапів:

- чорнове та чистове обточування зовнішньої та внутрішньої поверхні з підрізанням торців, зняття фасок;
- точіння та нарізка різьби для фланця;
- точіння та нарізка різьби під сопло;
- фрезерування вертикального отвору ;
- свердління 3 отворів та нарізка різьби в них.

## 2 ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕВНОЇ ОПЕРАЦІЇ

### 2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

У середньо-серійному виробництві широко використовуються швидкодіючі спеціалізовані і спеціальні пристрої з пневмо- і гідроприводом.

Наприклад, для фрезування отвору  $\varnothing 40H7$  доцільно вибрати пристосування – лещата гідравлічні.

Пристосування призначене для базування і закріплення заготовок пустотілих циліндрів, валів при фрезеруванні на вертикально-фрезерному станку 6Р13.

Пристосування має корпус 1, до якого за допомогою болтів 18 туго закріплена призма 2. По бокам призми розташовані прихвати 9, до яких за допомогою болтів прикріплені прижими 3. На нижній частині корпуса закріплюються направляючі шпонки, за допомогою яких пристосування базується на столі станка. Закріплення пристосування на столі здійснюється за допомогою болтів 15.

Пристосування працює наступним чином. Заготовку встановлюють на призму 2 і закріплюють прихватами 9. При подачі масла під тиском в порожнину гідроциліндра 4, поршень разом із штоком 7 рухається вправо, тиснуть на правий прихват, який прижимає з невеликим зусиллям заготовку до призми. Зусилля закріплення на правий прихват передається від шток-поршня гідроциліндра через проушину 11 і вісь 10. Таким чином, здійснюється закріплення заготовки. Для розжиму тиск масла зменшується, штовхач відходить назад, тягне за собою прихват і відпускає заготовку.

					ЛП51.137246.03-70ТЕ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розрахунок сил закріплення

Розрахунок проведено згідно з розрахунковою схемою (рис. 2.1) та за методикою [3].

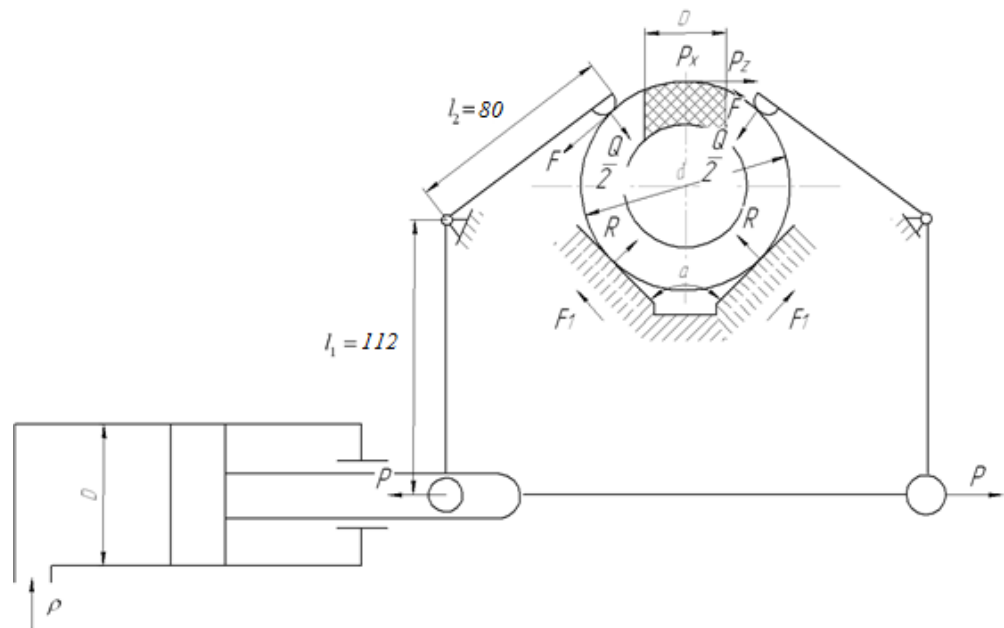


Рисунок 2.1 – Система сил, що діє на деталь у процесі обробки

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v = \frac{12 \cdot 40^{0.3}}{90^{0.26} \cdot 0.1^{0.3} \cdot 0.1^{0.25} \cdot 20^0 \cdot 2^0} \cdot 1.08$$

$$= 36.6 \text{ м/хв},$$

де  $D = 30 \text{ мм}$  – діаметр фрези;  $T = 90$  – період стійкості;  $t = 0.1$  – глибина фрезерування;  $S_z = 0.1 \text{ мм/зуб}$  – подача на зуб;  $B = 12 \text{ мм}$  – ширина фрезерування;  $Z = 2$  – число зубів фрези;  $K_v = 1.08$  – загальний поправочний коефіцієнт, уточнюючий фактичні умови різання.

Частоту обертів фрези найдем по формулі:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 36,6}{3,14 \cdot 40} = 388,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

					ЛП51.137246.03-70TE	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найближча стандартна частота по паспорту станка 400 об/хв , тому виправимо значення швидкості:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 400}{1000} = 37,2 \frac{м}{хв}.$$

Знаходимо окружну силу при фрезеруванні по формулі:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 20^{1,5} \cdot 2}{40^{0,86} \cdot 400^0} 0,93 = 118 Н.$$

Величини інших складових сили різання найдем через окружну силу.

Горизонтальна сила (подачі)  $P_h = 0,4 P_z = 0,4 \cdot 118 = 47.2 Н.$

Вертикальна сила  $P_v = 0,9 P_z = 0,9 \cdot 118 = 106.2 Н.$

Радіальна сила  $P_y = 0,4 P_z = 0,4 \cdot 118 = 47.2 Н.$

Осьова сила  $P_x = 0,55 P_z = 0,55 \cdot 118 = 64.9 Н.$

Необхідну силу закріплення  $Q$  заготовки обраховуємо по формулі:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2}$$

де  $Q_{P_z}$  – необхідна сила закріплення заготовки при врахуванні сили різання  $P_z$ , створюючи момент різання;

$Q_{P_x}$  – необхідна сила закріплення заготовки при врахуванні сили різання  $P_x$ , зміщуючи заготовку в напрямку подачі.

Силу  $Q_{P_z}$  и  $Q_{P_x}$  знаходимо із умови статичної рівноваги заготовки, що знаходиться під дією моментів сил  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $F$  и  $F_1$ .

$$-\frac{P_z d}{2} + \frac{(2F + 2F_1)d}{2} = 0; \quad -P_x + 2(F + F_1) = 0$$

Так як  $F = \left(\frac{Q}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi$ ;  $F_1 = R \operatorname{tg} \varphi_1$ ;  $R = \frac{Q}{2}$ ;  $\operatorname{tg} \varphi = f$ ;  $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$ ,

то з урахуванням коефіцієнта запаса:

					ЛП51.137246.03-70TE	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{P_z} = \frac{KP_z}{f + f_1}, \quad Q_{P_x} = \frac{KP_x}{f + f_1}$$

Повна сила закріплення заготовки:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2}$$

Приймаємо [2]  $f = f_1 = 0,16$  – коефіцієнти тертя в місцях контакту заготовки з опорами і затисним механізмом відповідно.

В свою чергу коефіцієнт запаса, уточнюючий нестабільність силових впливів на заготовку, знаходимо по формулі:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

Де  $K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запаса;

$K_1 = 1$  – коефіцієнт, уточнюючий вид технологічної бази;

$K_2 = 1,3$  – коефіцієнт, уточнюючий збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструмента;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, уточнюючий переливність різання;

$K_4 = 1$  – коефіцієнт, характеризуючий постійність сили розвиненої затисним механізмом.

$K_5 = 1$  – коефіцієнт, характеризуючий ергономіку затисного механізму.

$K_6 = 1$  – коефіцієнт, характеризуючий установку заготовки

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34.$$

Так як в результаті розрахунку  $K < 2,5$ , то приймаємо  $K = 2,5$ .

$$Q_{P_z} = \frac{2,5 \cdot 118}{0,32} = 922 \text{ Н}$$

$$Q_{P_x} = \frac{2,5 \cdot 64,9}{0,32} = 507 \text{ Н}$$

					ЛП51.137246.03-70TE	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \sqrt{922^2 + 507^2} = 1053 \text{ Н}$$

Сила затиску деталі повинна бути не меншою ніж 1060 Н.

### 2.3 Розрахунок сили затиску пристосування

Сила  $P$  силового циліндра, необхідна для закріплення заготовки, дорівнює:

$$P = 0,25\pi D^2 \rho \eta$$

Діаметр поршня циліндра  $D$  може бути розрахований по формулі:

$$D = 4 \sqrt{\frac{Q l_2}{\pi \eta \rho l_1}}$$

де  $\rho$  –робочий тиск масла, приймаємо 10 МПа;

$\eta = 0,9$  – ККД.

Знаходимо діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = 4 \sqrt{\frac{1053 \cdot 80}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 112}} = 38_{\text{мм}}$$

Вибираємо гідроциліндр по ГОСТ 19899-74 з діаметром поршня 40 мм та діаметром штока 22 мм.

Дійсна сила затиску:

$$P = 0,25\pi D^2 \rho \eta = 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.04^2 \cdot 10^7 \cdot 0.9 = 11300 \text{ Н}$$

перевищує необхідну силу закріплення  $Q = 1060 \text{ Н}$  заготовки. Отже пристосування підходить.

					ЛП51.137246.03-70TE	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення корпусу інжекційного механізму було розглянуто призначення деталі; описані порядок і всі етапи розробки процесу виготовлення деталі, що представлені у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах; обране пристосування для фрезерного верстата; розраховано зусилля закріплення пристосування.

					<i>ЛП51.137246.03-70TE</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

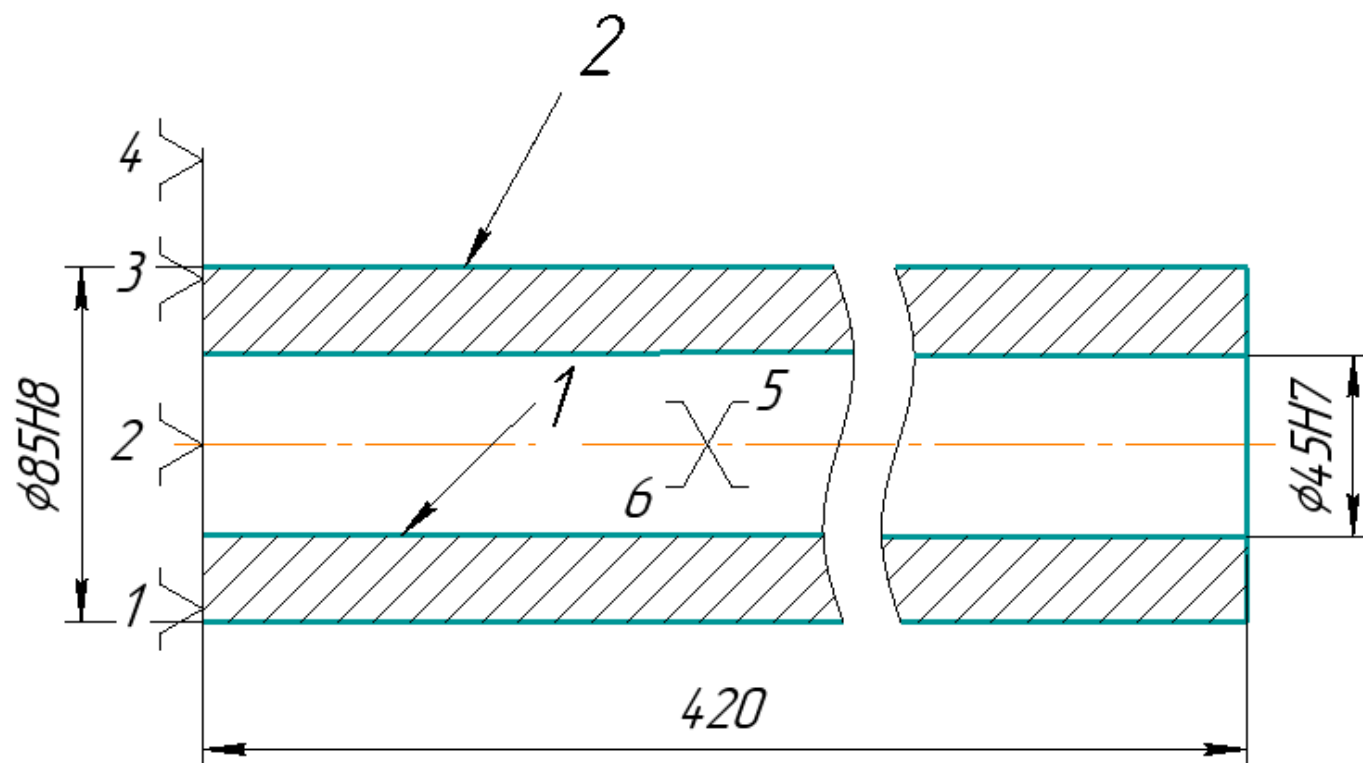
## ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник. Краткий справочник конструктора / Гжиров Р.И. - Л.: Машиностроение, 1984. – 464с.
2. Анурьев В.И., “Справочник конструктора – машиностроителя”. М., Машиностроение, 1978.
3. Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах.- М.: Высш. шк., 1986. - 239 с.

					<i>ЛП51.137246.03-70TE</i>	Арк.
						10
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



				ГОСТ 3.1118-82 форма 1											
Розроб.		Рогожинський													
Перев.		Борщик													
Н.контр.															
Маршрутна карта															
								літера							
Матеріал				код Одиниці величини	Вага деталі	Заготовка				Одиниці нормуванн я	Норма витрат	Коеф використ. матеріалу			
Назва, марка		код				код та вид	профіль і розміри	кіл-сть деталей	вага						
Корпус, Сталь 45						Прокат	D=75 d=45 L=240								
Номер			Назва та зміст операції			Обладнання (код, назва, інвентарний номер)		Пристрої та інструмент (код, назва)		Тшт.		Тп. 3.			
Цеху	Дільниці	Операції													
		005	Токарна операція. Точити начорно та начисто			Токарний верстат 16K20		Різці							
			пов.1 з підрізанням торців												
		010	Токарна операція. Точити начорно та начисто			Токарний верстат 16K20		Різці							
			пов.2												
		015	Токарно-гвинторізна. Точіння та нарізка різьби на			Токарно-гвинторізний		Підрізний відігнутий різець							
			поверхні 3			верстат 16K20									
		020	Токарна операція. Розточування та нарізка різьби			Токарний-гвинторізний		Різці							
			на пов.4			верстат 16K20									
		025	Фрезерна.Фрезерування пов. 5			Вертикально-фрезерний		Фреза							
						верстат 6P12									
		030	Свердлильна. Свердління 3 отворів на поверхні 2			Верикально-сведильний		Свердло спіральне							
						верстат									
		035	Токарна. Нарізання різьби на пов. 6			Токарний 16K20		Різець різьбонарізний							
МК			Обробка різанням												

[illegible]

KE





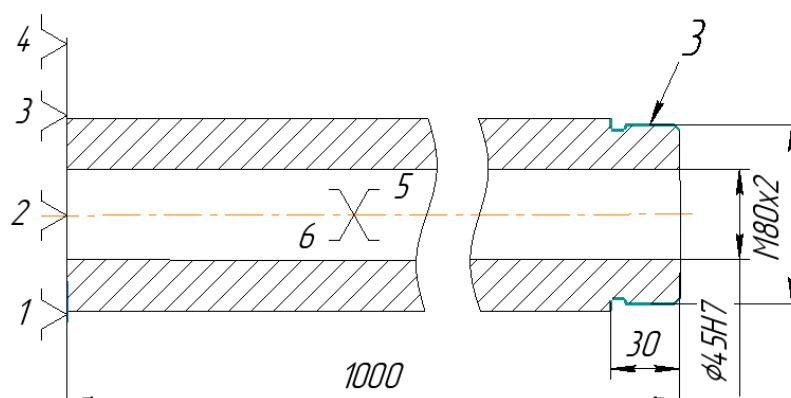










Викон.	Рогожинський		Операційна карта механічної обробки					ГОСТ 3.1404 – 86      Форма 2						
Затв.	Борщик С.О.					Корпус								
					Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції						
							015	Токарна						
					Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка						
								Профіль та розміри		Твердість	Маса			
					Сталь 45			D=85,d=45 L=1000						
					Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)						
					1			Токарно-гвинторізний верстат 16K20						
Пристосування (код та найменування)			Патрон				Охолодження							
Но- мер пере- ходу	Зміст переходу		Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>
			допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	дов-жина	t	i	S	n	V		
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Встановлення заготовки.													
2	Розточування поверхні 3			Різець Прохідний ГОСТ 18869-70		80	30							
3	Нарізування різьби на поверхні 3.			Різець різьбо- нарізний ГОСТ 18885-73		80	30							
4	Зняти деталь													
OK	Обробка різанням													

Викон.	Рогожинський		Операційна карта механічної обробки					ГОСТ 3.1404 – 86      Форма 2						
Затв.	Борщик С.О.					Корпус								
			Ном. цеху	Ном. ділян.	Ном. операц.	Найменування операції								
					020	Токарна								
			Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка								
						Профіль та розміри		Твердість	Маса					
			Сталь 45			D=85 d=45 L=1000								
			Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)								
			1			Токарний 16K20ФЗ								
Пристосування (код та найменування)		Патрон		Охолодження										
				Емульсія										
Но- мер пере- ходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>	
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	дов-жина	t	i	S	n	V			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Встановлення заготовки													
2	Розточування поверхні 4		Різець Прохідний ГОСТ 18869-70		60	50								
3	Нарізування різьби на поверхні 4.		Різець різьбо- нарізний ГОСТ 18885-73		60	50								
4	Зняти деталь													
ОК	Обробка різанням													



Викон.		Рогожинський		Операційна карта механічної обробки						ГОСТ 3.1404 – 86				Форма 2	
Затв.		Борщик С.О.						Корпус							
						Ном. цеху	Ном. ділн.	Ном. операц.	Найменування операції						
								030	Свердлильна						
						Найменування та марка матеріалу			Маса деталі	Заготовка					
										Профіль та розміри		Твердість	Маса		
						Сталь 45				D=45 d=45 L=1000					
						Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)						
						1			Вертикально – свердильний						
Пристосування (код та найменування)			Лещата			Охолодження									
Но- мер пере- ходу	Зміст переходу		Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>	
			допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діа- метр , ши- рина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V			
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Встановлення заготовки														
2	Свердлити 3 отвори на поверхні 2			Свердло спіра- льне ГОСТ 886-77		5	15								
3	Зняти деталь														
OK	Обробка різанням														

Викон.	Рогожинський		Операційна карта механічної обробки					ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2			
Затв.	Борщик С.О.					Корпус							
			Ном. цеху	Ном. ділян.	Ном. операц.	Найменування операції							
					035	Токарна							
			Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка							
						Профіль та розміри		Твердість	Маса				
			Сталь 45			D=45 d=45 L=1000							
			Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)							
			1			Токарний 16K20							
Прийомів (код та найменування)		Патрон				Охолодження							
Но- мер пере- ходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>
		допоміжний	різучий	вимірювальний	діа- метр , ши- рина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Встановлення заготовки												
2	Нарізування різьби на поверхні 6		Різець різьбо- нарізний ГОСТ 18885- 73		6	10							
3	Зняти деталь												
ОК	Обробка різанням												

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

Таблиця розглянутих патентів

№.	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	Сопло литтєвої машини для переробки пластмас	SU, № 1720880, B29C 45/20, Шумков Н.А.	Ціллю запропонованого технічного рішення є підвищення технологічних параметрів литтєвої машини і економія полімерного матеріалу.  Це досягається тим, що отвори 4 напрямлені по відношенню до центрального отвору 2 і виконані конічними. За рахунок того, що отвори виконані конічними, відбувається додаткова підвищення тиску лиття, підвищення температури розплаву та швидкості заливки.
2.	Наконечник сопла	CN, № 107962741, B29C 45/20, Zeng Zhi	Перевагою моделі є те, що наконечник сопла 1 не пошкоджується завдяки циліндру 2 і це продовжує термін служби сопла в цілому, дозволяє його зручно розбирати
3.	Сопло самозакриваюче для заповнення форм	RU, № 109044, B29C 45/23, Коршун Г.С., Медведєв С.М.	Ціль даного винаходу полягає в тому, що в соплі для заповнення форм, що містить концентрично розташований корпус, плунжер, розташований в корпусі з можливістю зворотно-поступального переміщення, що має канали для проходження розплаву, сполучені з корпусом, що відрізняється

			тим, що плунжер, встановлений в корпусі, виконаний підпружиненим з можливістю перекриття каналу для проходу розплаву в момент відведення його від форми.
4.	Сопло литтєвої машини для пластмас	SU, № 1351807, B29C 45/23, Ніколаєв Г.І., Наборщиков П.Г.	<p>Метою винаходу є підвищення надійності роботи сопла, спрощення його конструкції і переналадки.</p> <p>При заливці прес-форми розплав під тиском поступає в розміщений по центральній осі канал 2 корпуса 1 сопла, далі проходить через розводящі канали 5 і давить на пружинний елемент 6, встановлений на поверхні корпуса 1 в місці виходу розводящих каналів 5 з їхнім перекриттям. Під дією тиску розплаву витки пружини розходяться і розплав поступає через вихідний канал 4 наконечника 3 в прес-форму.</p>
5.	Сопло для литтєвої машини	DE, № 102004011141, B29C 45/20, Mueller Hans	<p>Основною метою винаходу є отримання простого пристрою.</p> <p>Щоб уникнути витоків, важливо, щоб сопло притискалося до форми точно посередині. Завдяки трубі 2 досягається по суті стовідсоткове ущільнення і центрування сопла,</p>



6.	Сопло литтєвої машини для полімерів	SU, № 677946, B29F 1/03, Межуєв В.В., Бородін Р.Л., Тагунов А.Я., Ащеулов А.А	<p>Технічне рішення працює наступним чином. При вприску перероблюваного матеріалу в форму сопло прижимається передньою частиною клапана 2 і переміщується вправо відносно корпусу 1, відкриваючи канал 4 для проходження матеріалу в форму. При наборі нової дози для вприску клапан 2 під тиском матеріалу переміщається вліво і перекриває канал 4 так, що конус 5 прижимається до корпусу 1. Таким чином досягається менша витрата матеріалу.</p>
----	-------------------------------------	--	--

## Модернізація литтєвої машини

Рогожинський Ю.В., студент, Сівецький В.І., к.т.н., доцент  
 Національний технічний університет України  
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Запропонована корисна модель, в яку покладено задачу вдосконалити сопло литтєвої машини, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує надійність та простоту конструкції, а також економію матеріалу*

У [1] і [2] наведені типові конструкції литтєвих машин та їх основних вузлів. В даній роботі розглянуто напрям модернізації інжекційного вузла, а саме сопла. Недоліком базової конструкції сопла [1] є довільне витікання розплаву, великі габарити, складний пристрій для переміщення втулки і голки.

З наведеного огляду сучасних технічних рішень для ліквідації вказаного недоліку було обрано конструктивне рішення [3]. Сутність даного рішення полягає в тому, що запропонована конструкція сопла для заповнення форм складається з концентрично розташованих корпусу 1, плунжера 2, заглушки 3, пружини 4. У корпусі 1 закріплена заглушка 3 з вхідним каналом 11 для проходження розплаву. Плунжер 2 виконаний з можливістю зворотно-поступального руху і має канали 7, 8, 9, 10 для проходження розплаву. З двох сторін заглушки 3 в проточках встановлені герметизуючі кільця 5 і 6. Матеріальний циліндр литтєвої машини з встановленим в ньому соплом подається вперед до упору з формою. При цьому плунжер сопла 2, встановлений в корпусі 1, зміщується назад до упору з заглушкою 3, стискаючи пружину 4, і відкриває прохід розплаву, що подається під тиском через канали 11, 10, 9, 8, 7. Таке рішення забезпечує надійність роботи сопла і литтєвої машини в цілому.

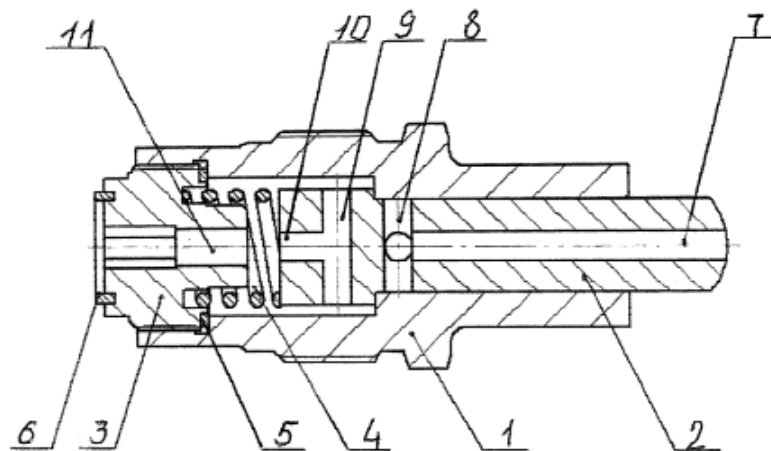


Рис.1 – Сопло литтєвої машини

Дана конструкція сопла гарантовано запобігає довільному витіканню розплаву в момент його відводу від форми і має доволі просту конструкцію і мінімальні габарити.

## Література

1. Калинчев Э.Л., Калинчева Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением: Расчет и конструирование – М.: Машиностроение, 1985 –256 с.
2. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. — М. : Химия, 1986. — 488 с.
3. Сопло самозакрывающее для заповнення форм. Патент № 109044(RU), МПК В29С 45/23. Коршун Г.С., Медведєв С.М. – Заявка № 2011112884/05, 04.04.2011; Опубл.—10.10.2011.

Фо р- мат	Поз.	Позначення			Найменування			Кіл.	Приміт.
					<u>Документація</u>				
A1		ЛП51.13.7243.001-703В			Загальний вигляд				
					<u>Вузли</u>				
A1	1	ЛП51.13.7243.002-70СК			Механізм інжекції				
	2	ЛП51.13.7242.001.02			Механізм змикання форми				
					<u>Складальні одиниці</u>				
	3	ЛП51.13.7242.001.03			Електронагрівач			3	
	4	ЛП51.13.7242.001.04			Гідроагрегат			1	
	5	ЛП51.13.7242.001.05			Гідроблок			1	
	6	ЛП51.13.7242.001.06			Масляний бак з насосом			1	
	7	ЛП51.13.7242.001.07			Станина			1	
	8	ЛП51.13.7242.001.08			Бункер			1	
	9	ЛП51.13.7242.001.09			Прес-форма			1	
	10	ЛП51.13.7242.001.10			Гідроциліндр переміщення				
					механізму інжекції			1	
	11	ЛП51.13.7242.001.11			Гідроциліндр вприску			1	
	12	ЛП51.13.7242.001.12			Привід обертання черв'яка			1	
	13	ЛП51.13.7242.001.13			Направляючі рельси			1	

[illegible]

[illegible]

[illegible]